

Concussão no Desporto A importância do (Re)conhecimento

Marisa Campos Carvalho

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Medicina
(Mestrado Integrado)

Orientador: Doutor Paulo Ricardo Charro Pinheiro
Co-orientador: Prof. Doutor José Luís Themudo Barata

Junho de 2024

Declaração de Integridade

Eu, Marisa Campos Carvalho, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição 42160 de Medicina da Faculdade Ciências da Saúde, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referenciação de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã 28 /06 /2024

Marisa Campos Carvalho

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao orientador, Doutor Paulo Pinheiro por ter partilhado o gosto pela medicina desportiva e aceitado o desafio de explorar este tema. Queria salientar, também, o apoio no conhecimento científico durante todo este percurso e a disponibilidade para responder a qualquer dúvida que surgisse.

Gostaria de agradecer, também, ao co-orientador Professor Doutor José Luís Themudo Barata pelo seu contributo no esclarecimento de conteúdos.

À minha família, sobretudo aos meus pais e irmão, um agradecimento não será suficiente para reconhecer a prontidão e apoio incondicional que sempre demonstraram.

Por fim, aos meus amigos que merecem um agradecimento especial por terem sido a força e a motivação perante a adversidade. Estiveram presentes desde o início da viagem e sempre prontos para ajudar a guiar esta dissertação a bom porto.

Resumo

A concussão é uma lesão traumática que resulta em alterações da função neurológica ou da consciência, sem que haja dano imagiológico evidente nas estruturas cerebrais. É uma condição frequente sobretudo no desporto e com especial destaque nos desportos de alto impacto.

O principal objetivo da presente dissertação é sintetizar o panorama atual das concussões desportivas de forma abrangente, com o intuito de reunir a informação essencial acerca da prevalência, diagnóstico, tratamento e prevenção.

Para fazer a pesquisa bibliográfica foi utilizada a base de dados *PubMed* e selecionados artigos consoante o ano de publicação e a pertinência do título e resumo.

Atualmente, a concussão relacionada com o desporto tem sido alvo de diversa investigação, contando com uma vasta panóplia de publicações recentes que têm vindo a redirecionar o paradigma da concussão. Por exemplo, exames de neuroimagem avançada têm permitido a deteção de alterações cerebrais subtis, o que fomentou a procura de novos biomarcadores diagnósticos. Por outro lado, a recuperação é outro aspeto fundamental em destaque. A recuperação incompleta ou a exposição cumulativa a impactos concussivos aumenta significativamente o risco de desenvolver doenças neurológicas/neurodegenerativas, problemas de saúde mental e disfunção cognitiva, podendo resultar em condições graves como encefalopatia traumática crónica. Dada a gravidade dessas consequências, a prevenção é essencial e muitas organizações desportivas já adotaram alterações de regras e políticas e implementaram novas tecnologias para monitorizar impactos cranianos, visando proteger a saúde dos atletas. Apesar da evidência crescente é necessário continuar a pesquisa e fomentar o estudo desta condição complexa para compreender melhor os seus mecanismos, efeitos e melhores práticas para o tratamento.

Palavras-chave

Concussão;Desporto;Trauma;Lesão;

Abstract

Concussion is a traumatic injury that results in alterations in neurological function or consciousness without evident imaging damage to brain structures. It is a frequent condition, particularly in high-impact sports.

The primary objective of this dissertation is to comprehensively synthesize the current landscape of sports-related concussions, aiming to gather essential information on prevalence, diagnosis, treatment, and prevention.

For the literature review, the PubMed database was used, selecting articles based on the year of publication and the relevance of their titles and abstracts.

Currently, sports-related concussion has been the subject of extensive research, with a wide array of recent publications that have been reshaping the concussion paradigm. For instance, advanced neuroimaging exams have enabled the detection of subtle brain changes, which has spurred the search for new diagnostic biomarkers. Moreover, recovery is another crucial aspect under focus. Incomplete recovery or cumulative exposure to concussive impacts significantly increases the risk of developing neurological/neurodegenerative diseases, mental health problems, and cognitive dysfunction, potentially resulting in severe conditions such as chronic traumatic encephalopathy. Given the severity of these consequences, prevention is essential, and many sports organizations have already adopted rule and policy changes and implemented new technologies to monitor cranial impacts, aiming to protect athletes' health. Despite the growing evidence, further research is necessary to better understand the mechanisms, effects, and best practices for treating this complex condition.

Keywords

Concussion;Sports;Trauma;Injury

Índice

Introdução	1
Material e Métodos	3
1. Definição	5
2 Epidemiologia	9
3 Fisiopatologia	17
4 Sinais e Sintomas	23
5 Abordagem	27
6 Diagnóstico	31
7 Gestão	41
8 Tratamento	47
9 Retorno à competição	51
10 Prognóstico	55
11 Sequelas	57
12 Prevenção	61
Discussão	63
Conclusão	73
Referências	75

Lista de Figuras

Figura 1 – Cascata neurometabólica de concussão relacionada com o desporto

Figura 2 – Relação entre fisiopatologia e sintomas

Figura 3 – Biomarcadores de SRC

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Sintomas de SRC consoante os domínios

Tabela 2 – Sinais de concussão observados na análise de vídeo

Tabela 3 – Sinais de alarme de concussão

Tabela 4 – Componentes da avaliação primária e subaguda

Tabela 5 – Resumo das características das técnicas de neuroimagem avançada

Tabela 6 – Resumo dos biomarcadores

Tabela 7 – Componentes da reavaliação

Tabela 8 – Protocolo de regresso à atividade desportiva

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Conclusões do 1º consenso do *Concussion In Sports Group* (2001)

Gráfico 2 – Sumário das alterações nos vários consensos do *Concussion In Sports Group* (2001-2016)

Gráfico 3 – Sumário das alterações nos vários *Sports Concussion Assessment Tool*

Lista de Acrónimos

AEs	Atletas Expostos
AF	Atividade Física
APOE	Apolipoproteína E
APP	Proteína precursora amilóide
ATP	Adenosina Trifosfato
BHE	Barreira hematoencefálica
BOLD	<i>Blood Oxygen Level-Dependent</i>
CISG	<i>Concussion In Sports Group</i>
CNT	Testes neurocognitivos computadorizados
CO ₂	Dióxido de Carbono
CRT	<i>Concussion Recognition Tool</i>
DA	Doença de Alzheimer
DP	Doença de Parkinson
DTI	<i>Difusion Tensor Imaging</i>
EEG	Eletroencefalograma
ELA	Esclerose Lateral Amiotrófica
ETC	Encefalopatia Traumática Crónica
EUA	Estados Unidos da América
FC	Frequência Cardíaca
GCS	<i>Glasgow Coma Scale</i> , escala de coma de Glasgow
GFAP	<i>Glial Fibrillary Acidic Protein</i>
HIC	<i>Head Injury Criteria</i>
HRV	<i>Heart Rate Variability</i> , Variabilidade da frequência cardíaca
ImPACT	Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Test
KD	<i>King Devick</i>
LCR	Líquido Cefalorraquidiano
mBESS	<i>Modified Balanced Error Score System</i>
MD	Difusão media
MEG	Magnetoencefalografia
NAA	N-aceitl-aspartato
NFL	Neurofilamento de cadeia leve
NMDA	N-metil-D-aspartato
NPC	<i>Near Point Convergence</i> , Distância do ponto de convergência
NSE	Enolase específica neurónio
PA	Pressão Arterial
PCS	<i>Post Concussion Syndrome</i> , Síndrome Pós-Concussão
PCSS	<i>Post Concussion Symptom Scale</i>
PET	Tomografia por Emissão de Positrões
PHDA	Perturbação de Hiperatividade e Défice de Atenção
P&P	Papel e Caneta
RM	Ressonância Magnética
RMf	Ressonância Magnética funcional
RMS	Ressonância Magnética por espectroscopia
ROS	Espécies reativas de oxigénio

SAC	<i>Standardized Assessment Concussion</i>
SCAT	<i>Sports Concussion Assessment Tool</i>
SNA	Sistema Nervoso Autónomo
SNC	Sistema Nervoso Central
SRC	<i>Sport-Related Concussion</i>
TC	Tomografia Computorizada
TCE	Traumatismo Cranioencefálico
UCH-L1	Hidrolase Ubiquitina Terminal-carboxil L1
VMS	Sensibilidade ao Movimento Visual
VOMS	<i>Vestibular/Ocular Motor Screening</i>
VOR	Reflexo vestibulo-oculomotor

Introdução

A concussão é uma lesão cerebral traumática provocada por forças biomecânicas associadas a um impacto direto ou indireto na cabeça ou corpo. Resulta em alterações da função neurológica/neurocognitiva ou consciência, geralmente, benignas e autolimitadas. No que concerne ao diagnóstico, o exame objetivo não revela achados específicos nem existe dano imagiológico evidente nas estruturas cerebrais, pelo que, a sua deteção facilmente pode passar despercebida.

É uma condição frequente sobretudo no desporto e com especial destaque nos desportos de alto impacto. A dificuldade no diagnóstico aliada à subnotificação sugere que a incidência real de concussão possa ser significativamente superior à documentada nos estudos epidemiológicos. Apesar disso, tem-se verificado uma crescente consciencialização sobre a gravidade desta lesão, refletindo uma tendência ascendente nas taxas de notificação e, conseqüentemente, de incidência. Essa consciencialização é impulsionada, em grande medida, pela preocupação pública com as possíveis conseqüências a médio e a longo prazo da concussão, que podem ter um impacto elevado na saúde dos atletas.

Atualmente, a concussão relacionada com o desporto tem sido um tema de grande relevância na investigação científica, refletindo o crescente número de publicações recentes. O conhecimento exponencial nesta área tem vindo a redirecionar o paradigma da concussão.

Assim, o objetivo da presente dissertação é realizar uma revisão da literatura existente sobre concussões desportivas e sintetizar o panorama atual de forma abrangente. A pesquisa tem o intuito de reunir a informação essencial acerca da epidemiologia, fisiopatologia, diagnóstico, tratamento, prognóstico e prevenção. Para além disso, pretende identificar as lacunas no conhecimento atual e destacar as áreas que necessitam de investigação adicional. Com esta análise, procura-se contribuir para um entendimento geral e científico sobre a concussão relacionada com o desporto e destacar a importância do (re)conhecimento.

Material e Métodos

Para elaborar a presente dissertação foi realizada uma pesquisa inicial de artigos científicos na base de dados online *PubMed do National Library of Medicine*. Utilizaram-se padrões de pesquisa avançada e os termos “sports-related concussion” para uma abordagem primária, a partir da qual se selecionaram artigos consoante a pertinência do *abstract*, a qualidade do estudo e o ano de publicação. Apenas se incluíram artigos de revisão, revisão sistemática e meta-análise. De seguida, a pesquisa foi direcionada para artigos mais específicos consoante cada tópico abordado ao longo da dissertação. Para além disto, como fonte de informação adicional foi utilizado o *British Journal of Sports Medicine*.

Capítulo 1 - Definição

Desde a origem do conceito, a definição de concussão permanece controversa. Não obstante alguns denominadores comuns, ainda se discutem aspetos específicos do termo.

A concussão é uma lesão cerebral traumática provocada pela aplicação de forças biomecânicas que induzem aceleração e desaceleração do cérebro. Resulta de um impacto direto ou indireto na cabeça, que conduz a um distúrbio transitório da função cerebral. (1–3) Embora, por vezes, se utilizem os termos concussão e traumatismo cranioencefálico (TCE) de forma permutável, estes não são sinónimos. As lesões cerebrais traumáticas têm um espectro de gravidade variável, sendo a concussão considerada uma forma de TCE leve. (2)

Historicamente, a palavra concussão era referida como “*commotio cerebri*” - lesão de baixa velocidade associada a movimentação do cérebro. (4) A partir de 1900 o interesse nesta área aumentou e foram publicadas diversas escalas de severidade de concussão baseadas nos sintomas clínicos, abordagem e retorno à competição que, entretanto, foram abandonadas por falta de validação científica. (3) Várias organizações científicas (American Medical Society for Sports Medicine; Team Physician Consensus Group; American Academy of Neurology; National Athletics Trainers Association) deram contributos na clarificação da definição, na classificação com base nos diferentes sinais e sintomas e na procura de evidência imagiológica para fenómenos de concussão. (1)

A natureza fisiopatológica complexa da concussão é acentuada pela existência de diversas etiologias conhecidas. Entre estas, estabeleceu-se precocemente a distinção entre concussão relacionada com o desporto de outros mecanismos de concussão como, por exemplo, acidentes de viação. Assim, a concussão relacionada com o desporto, também conhecida como SRC (*Sports-Related Concussion*) configura-se como um fenótipo desta lesão funcional, destacando-se na literatura e na investigação científica, sobretudo, por ser a forma mais comum de lesão cerebral no contexto desportivo e apresentar características distintas. (3,5)

Em 2001 registou-se um marco neste âmbito. Foi criado o *Concussion In Sports Group* (CISG) visando a elaboração de consensos que sintetizem o conhecimento sobre a concussão relacionada com o desporto. (3,6) Nos últimos 20 anos, este grupo apresentou seis documentos com alta relevância científica que têm norteado a atividade clínica de vários profissionais de saúde de equipas em todo o mundo.

O primeiro consenso (Viena, 2001) apresentava cinco conclusões importantes (gráfico 1) com impacto na prática clínica. Na abordagem a um atleta em campo, a perda de consciência é um sinal da gravidade que todos os intervenientes reconhecem como preocupante. A ideia de que não é condição necessária para o diagnóstico de concussão inverte a tendência para a desvalorização

do caso quando o jogador se mantém alerta. Para as equipas clínicas é também relevante entender que o mecanismo de lesão não se cinge ao impacto direto na cabeça, obrigando a estar atento a traumas noutros locais que transmitam forças compressivas ou rotacionais ao cérebro (ex: movimentos cervicais em quedas). (6)



Gráfico 1 – Conclusões do 1º consenso do *Concussion In Sports Group* (2001)

Desde o primeiro documento elaborado pelo grupo de peritos, algumas alterações foram registadas, refletindo a evidência científica que se foi produzindo ao longo dos anos. As modificações principais estão sumarizadas no gráfico 2.

A translação para a prática clínica é sobretudo evidente na heterogeneidade de sinais e sintomas. A primeira observação é referente à existência de sintomas que não são revertidos nos primeiros minutos após o evento, podendo estar presentes ao longo de dias ou meses. A outra particularidade é o aparecimento tardio de sintomas após a concussão. O último consenso (2022) acrescenta também alguns dados relevantes sobre as informações que a imagiologia fornece. Embora se reconheça que os exames pedidos habitualmente em contexto hospitalar (tomografia axial computadorizada e imagens ponderadas em T1 e T2 na ressonância magnética) não detetarem alterações no caso de concussão, é também sublinhado que é possível observar mudanças quando o foco é a função e não a estrutura isolada. (7)

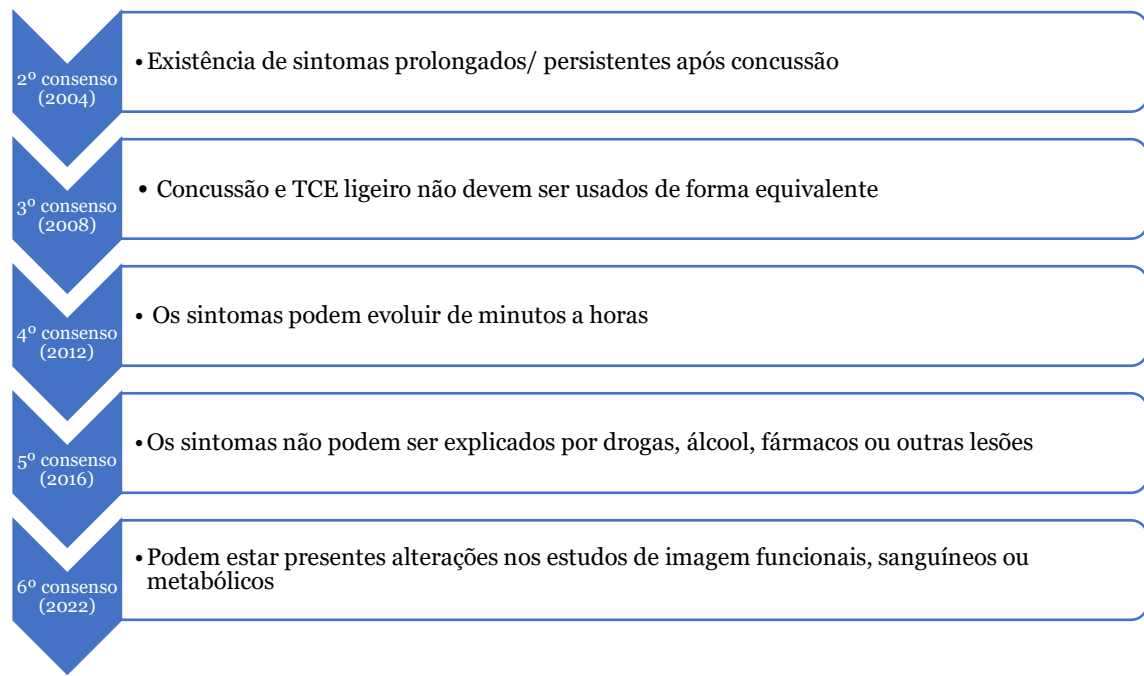


Gráfico 2 – Sumário das alterações nos vários consensos do *Concussion In Sports Group* (2001-2016)

Assim, a definição de concussão foi atualizada tentando alcançar uma definição operacional mais unânime. (7) “A concussão relacionada com o desporto é um traumatismo cranioencefálico causado por um impacto direto na cabeça, pescoço ou corpo resultando na transmissão de uma força impulsiva ao cérebro e que ocorre em desportos e atividades relacionadas com exercício. Isto inicia uma cascata metabólica e de neurotransmissores, com possível lesão axonal, alteração do fluxo sanguíneo e inflamação que afeta o cérebro. Os sinais e sintomas podem-se apresentar imediatamente ou evoluir ao longo de minutos ou horas, e geralmente desaparecem em poucos dias, mas podem ser prolongados. Não é observada nenhuma anormalidade em estudos standard de neuroimagem estrutural (tomografia computadorizada ou imagens ponderadas em T1 e T2 na ressonância magnética), mas no ambiente de investigação podem estar presentes alterações nos estudos de imagem funcionais, sanguíneos ou metabólicos. A concussão relacionada com o desporto pode resultar numa variedade de sinais e sintomas clínicos que podem envolver ou não a perda de consciência. Os sinais de concussão e sintomas clínicos não podem ser explicados apenas por (mas pode ocorrer concomitantemente com) uso de drogas, álcool ou fármacos, outras lesões (como lesão cervical, disfunção vestibular periférica) ou outras comorbilidades (como fatores psicológicos ou condições médicas coexistentes).” (7)

Subtipos de concussão relacionada com o desporto

A criação de subtipos de concussão surgiu perante a necessidade de organizar as formas de apresentação clínica. Pensa-se que a diversidade fisiopatológica explicará a heterogeneidade da apresentação de sintomas e da evolução da recuperação. (8) São propostos cinco *clusters* com impacto na prática:

- Subtipo associado a enxaqueca: no qual predominam os sintomas de cefaleia, sensibilidade à luz e ao som e náuseas;
- Subtipo cognitivo-emocional: no qual sobressaem a dificuldade de concentração, diminuição da capacidade de memória, irritabilidade, tristeza, ansiedade e labilidade emocional;
- Subtipo sono-emocional: no qual prevalecem os sintomas de insónia, redução da qualidade de sono, sonolência, irritabilidade, tristeza, ansiedade e labilidade emocional;
- Subtipo neurológico: no qual se evidenciam os sintomas de visão turva, diplopia, dor cervical, náuseas e vômitos;
- Subtipo de sintomas indefinidos: incluindo confusão e mal-estar geral.

Tendo em conta que é uma patologia que afeta vários níveis da função cerebral, os sintomas tornam-se muito distintos. Para além disto, estes podem interagir e ocorrer de forma concomitante dificultando o conhecimento de quais os grupos específicos de sintomas de SRC que estão associados a alterações nos domínios funcionais em particular. (8)

Subconcussões

A subconcussão é um termo encontrado em algumas publicações, de forma inconsistente, e refere-se a um fenómeno que produz alterações da função cerebral sem sintomas associados, mas que cumulativamente se podem revelar deletérias. (12)

Em determinados desportos, como o futebol americano e o hóquei, existe evidência de alterações microestruturais provocadas por impactos subconcussivos. Estes impactos conduzem a um aumento da neuroinflamação, juntamente com variações no neurometabolismo, resultando em alterações neurocognitivas. No entanto, os efeitos clínicos dessas alterações geralmente não são significativos, sendo na maioria inexistentes. (9) A etiologia destes achados ambíguos permanece incerta. Existem várias teorias que procuram justificar a ausência de alterações cognitivas, desde a sensibilidade insuficiente dos testes diagnósticos de concussão, até à capacidade plástica e reserva cognitiva do cérebro que poderiam compensar as possíveis alterações. (9)

Capítulo 2 – Epidemiologia

A análise atual da incidência de concussão relacionada com o desporto parece subestimar o valor real. A acuidade no diagnóstico e o registo de sintomas são dois fatores relevantes para esta diferença. A concussão é uma condição clínica heterogénea e de difícil objetivação que os profissionais podem valorizar ou desvalorizar consoante os sintomas apresentados e o seu conhecimento da patologia. O diagnóstico é o ponto de partida para uma análise acertada. Por outro lado, existem grandes limitações no registo clínico de atletas em diferentes modalidades. Desta forma, ainda que tenham acontecido, não havendo registo, não são contabilizados todos os casos. (10)

Com a maior atenção dada à concussão, nomeadamente dos profissionais do futebol, modalidade com maior número de praticantes no mundo, a ciência tem conseguido estudar melhor este fenómeno. Os Estados Unidos da América (EUA), o Canadá e o Reino Unido estão na vanguarda desta investigação, provavelmente por definirem regulamentos desportivos específicos sobre concussões. (10)

A estimativa do risco de concussão no desporto é apresentada em diferentes estudos. É importante relevar os desafios na interpretação de diversas fórmulas de cálculo. O numerador consiste sempre no número de concussões averiguadas, enquanto o denominador pode ser expresso no tempo de participação desportiva ou no número de atletas expostos (AEs). O numerador varia consoante a sub ou sobrenotificação de concussão ou o diagnóstico incorreto. Por sua vez, o denominador contabilizado através do número de horas expostas do atleta num jogo ou treino, embora seja uma medida mais específica, é complexa de contabilizar. Assim sendo, a utilização no denominador do número de AEs num jogo ou treino é mais utilizada pela facilidade de aplicação e compreensão, apesar de não ser uma medida exata da exposição, por não refletir o tempo exposto. Por exemplo, atletas que não joguem com frequência pode subestimar os resultados. (1,11) Portanto, para estes serem comparados de forma uniforme entre os diferentes desportos, utiliza-se geralmente como unidades de estudo o número de concussões por atletas expostos anualmente ou por época. Contudo, é importante notar que as estimativas de risco variam substancialmente, dependendo da avaliação com base no número de horas ou no risco calculado anualmente ou por época. (1,12)

Os dados mais recentes mostram que dos TCE aproximadamente 1/3 são relacionados com o desporto. Por sua vez, das concussões anualmente estimadas, 20% (>300 000) ocorrem no âmbito desportivo. (13)

Atualmente, a concussão relacionada com o desporto apresenta uma prevalência elevada e a incidência anual, nos EUA, varia entre 1,6 e 3,8 milhões e, em idade pediátrica, entre 1,0 e 1,9 milhões. (1,13,14) De facto, a faixa etária de menores de 18 anos representa uma porção

significativa das concussões na população em geral, sendo que, sensivelmente 400 000 ocorrem em adolescentes do ensino secundário. (1,13)

Ao longo de uma época desportiva, observa-se que o risco de sofrer uma concussão situa-se entre os 2% e os 15% para atletas praticantes de desportos coletivos, e a maioria são provocadas por contacto com outro jogador. (1,11)

De forma geral, estima-se que as taxas de incidência tenham aumentado linearmente, nos últimos anos, devendo-se sobretudo ao maior reconhecimento médico, maior consciencialização da doença, maior acessibilidade a ajuda médica e implementação de protocolos rigorosos. (11–15). Como se pode verificar, em 2006 as taxas rondavam os 21,3 por 100 000 e em 2011 aumentaram para 33,8 por 100 000. (13,16)

No entanto, a incidência real continua a ser considerada subestimada pela limitação na obtenção de dados. De facto, estudos científicos elaborados em contexto hospitalar, no serviço de emergência e em contexto extra-hospitalar (por exemplo equipas desportivas) estimam incidências díspares. Estes resultados heterogéneos são reflexo das diferentes definições consideradas, dos métodos utilizados por cada um e da dificuldade em distinguir a etiologia desportiva de outra atividade. (1,17) Outro fator reside na relutância dos atletas em procurar assistência médica, devido ao receio de comprometer a sua participação em treinos ou jogos, pela falta de compreensão das implicações associadas à lesão e/ou ausência de reconhecimento da própria. De facto, um estudo afirma que são identificadas apenas uma em cada nove concussões. (18) Assim, a complexidade em recolher dados juntamente com a sua escassez na literatura científica condiciona o estudo epidemiológico. (13,17)

Fatores de risco

Nos anos mais recentes, a concussão relacionada com o desporto tem sido tópico de numerosos estudos, declarações de consensos e reportagens dos meios de comunicação. Com a ampla disseminação do tema a preocupação com a incidência e os fatores de risco cresceu. (17)

Desde cedo, constatou-se que a SRC altera a performance do atleta, reduzindo o tempo de reação e aumentando o risco de lesões à posteriori (cerca de 50% em jogadores de futebol masculino), com conseqüente aumento nos tempos de recuperação. Por isso, apesar de os riscos não estarem claramente definidos, foram implementadas, precocemente, políticas e medidas restritivas em relação à concussão, com foco na rápida deteção e remoção do atleta da atividade desportiva. (17) Contudo, a análise de vídeo demonstra que a taxa de regresso ao jogo sem avaliar o potencial de um evento concussivo permanece elevada. (10)

Além disso, o risco de concussão também pode ser influenciado por diversos fatores, nomeadamente, pelo tipo de desporto e de sessão (jogo *versus* treino), sexo, idade e história prévia de concussão. (11,18)

Tipo de Desporto

Vários estudos epidemiológicos sobre a concussão apresentam estimativas de risco diferentes consoante o tipo de desporto. Deste modo, foi estudada a concussão em cada um com o intuito de identificar os que apresentam maior risco e as suas características bem como a criação de medidas de prevenção. (11,13)

Comparando a incidência de vários desportos o rugby apresenta, de forma consistente, a taxa de risco mais elevada, estando associado a 25-28 concussões por 10000 AEs, número três vezes superior ao verificado no futebol, por exemplo. (10,11) As taxas seguidamente mais elevadas surgem no futebol americano, hóquei no gelo e luta livre/boxe. (11,17) Para além disto, verifica-se que o mesmo corresponde nas idades mais jovens, em que o *rugby union*, hóquei no gelo junior e futebol americano apresentam um risco três a seis vezes superior em relação a outras atividades desportivas. (12,16) Nesta faixa etária, a maioria das SRC ocorre em desportos de contacto, mas também são comuns em desportos sem ou pouco contacto. (14)

Diversos especialistas sugerem, por isso, a classificação dos desportos de contacto em três categorias de risco: alto, moderado e baixo. Neste modelo o rugby pertence à categoria de risco elevado. Por sua vez, o futebol americano, hóquei no gelo e luta livre/boxe enquadram-se no risco moderado e de baixo risco considera-se o futebol, basquetebol, lacrosse, voleibol, ginástica, basebol, ténis, natação e mergulho, atletismo e *cheerleading*. (11)

Porém, estudos mais recentes ao considerar o risco de concussão propõe criar uma subcategoria dos desportos de contacto, apresentando os seguintes:

- Desportos de colisão: desportos que na sua rotina incluem colisões intencionais corpo a corpo como parte do jogo de forma legal e expectável como, por exemplo, o rugby e o futebol americano;
- Desportos de contacto: desportos nos quais ocorre colisões corpo a corpo como parte do jogo, mas não é permitido de forma intencional como, por exemplo, futebol, hóquei no gelo, lacrosse, basebol, basquetebol e voleibol;
- Desporto de baixo ou sem contacto: natação, mergulho, cheerleading, badminton, ginástica, golfe e ténis. (11,14)

De facto, verificou-se que os desportos de colisão apresentavam maior incidência de concussões (57%), seguido dos desportos de elevado contacto (27%) e por fim os de baixo ou sem contacto (16%). (11)

Sexo biológico

O sexo feminino ou masculino impacta significativamente a prática desportiva. Por vezes, na literatura científica a discriminação entre os termos sexo e género pode ser confundida, no

entanto, o termo sexo refere-se a diferenças biológicas individuais, baseadas nos cromossomas, gónadas e níveis de hormonas sexuais. (11,14,19)

As diferenças entre sexo refletem-se na epidemiologia, na medida em que, a incidência de concussão, a experiência de sintomas e o tempo de recuperação e regresso às atividades são diferentes, comparando homens e mulheres no mesmo desporto. (19) As razões para este facto permanecem por esclarecer, embora, seja evidente que as mulheres são mais propensas a sofrer concussões cerebrais, apresentando uma incidência 1,56 vezes superior. (10,11,14)

Globalmente, observa-se maiores taxas de concussão no sexo feminino em desportos como basquetebol, basebol e voleibol, sendo os valores maiores registados no futebol (devido ao maior número de cabeceamentos). (11–14,16,17,19) O mesmo se verifica para outros desportos, contudo não de forma estatisticamente significativa. (14)

A exceção surge em desportos alpinos, futebol americano juvenil e lacrosse em que se verificam maiores taxas de incidência de SRC no sexo masculino, possivelmente, por nestes desportos estarem mais predispostos a correr riscos. No lacrosse, em particular, e no hóquei no gelo existem regras de contacto físico e equipamento distintos, o que pode justificar a diferença, todavia, por este mesmo motivo os resultados dos estudos devem ser interpretados com precaução. (11,14,16)

A diferença entre sexos é igualmente constatada em diferentes faixas etárias. Por exemplo, em jovens do ensino secundário e universitário o sexo feminino reporta mais 0,11 concussões por 10 000 AEs, em vários desportos. (19)

Idade

A concussão relacionada com o desporto representa 20% das concussões anuais estimadas, sendo que em atletas com idade igual ou inferior a dezoito anos varia entre 3% a 8%. Estudos apontam que, no contexto de desportos de contacto, são notificadas apenas uma em cada dez concussões ao longo de uma época em jovens ou crianças. (1,12)

Os motivos pela maior suscetibilidade a lesões traumáticas cerebrais passam pela maior vulnerabilidade do cérebro em desenvolvimento, pelo maior ratio corpo/cabeça, menor força nos músculos cervicais, coordenação imatura, menor grau de competências e conhecimento e maior nível e intensidade na prática e competição, em comparação com os adultos. (12,20,21)

De facto, diferentes idades e níveis de capacidade traduzem-se em diferentes taxas de incidência de concussão. Verificam-se valores de incidência superiores em atletas do ensino secundário e universitários comparando com crianças em idade escolar prévia ao ensino secundário. (16) Para a maioria das modalidades desportivas, os alunos do ensino universitário evidenciam maiores taxas de concussão, com uma diferença ainda mais notável no sexo feminino. (11,16) Uma possível explicação para os adolescentes apresentarem maior percentagem de lesões baseia-se na premissa

de esta ser uma fase de maior remodelação cerebral, com predisposição para comportamentos de risco e para a influência da pressão pelos pares/amigos. (20)

Para além disto, cerca de 60% ocorrem em desporto com menor nível de organização como, por exemplo categorias menos profissionais ou os desportos radicais. (1,20) Dado o aumento do número participantes nestas modalidades, que envolvem desportos de aventura ou desportos extremos, surgiu a necessidade de estudar taxas de incidência de concussão nestas atividades. Os resultados, dependem da dinâmica (aceleração) e do uso de equipamento de proteção, e demonstram uma distribuição distinta. Por exemplo, no *snowboard*, *motocross* e *ski* a concussão representa entre 5% a 50% de todas as lesões, podendo alcançar os 82,6% no *skateboard*. Sendo que, a maioria são causadas por atividades em alta velocidade. Portanto, em menores de dezoito anos, a incidência de SRC calculada em desportos de ação é relativamente elevada. (20)

História prévia de concussão

Em vários desportos, como, por exemplo, hóquei no gelo, futebol americano e rugby, é observado com forte evidência científica, um aumento significativo do risco de concussão cerebral em atletas com história prévia da mesma lesão. Portanto, sofrer uma concussão parece tornar o indivíduo mais suscetível a uma nova lesão cerebral traumática. (16)

Fatores modificadores do risco de concussão

Fatores associados ao jogo versus treino

Em relação aos períodos de jogo constata-se um número superior de concussões comparativamente aos treinos, sendo transversal a quase todos os desportos e faixas etárias. Um dos motivos reside na ocorrência de colisões de maior intensidade e frequência durante os jogos, aumentando a probabilidade de lesões. (10,11,13,16,17)

Para além disto, em desportos coletivos, a posição ocupada durante o jogo também influencia a incidência e gravidade de concussão. Por exemplo, no futebol americano, o quarterback tem 1,7 a 5 vezes maior risco, comparando com outras posições ofensivas, e 2 a 3 vezes maior risco, comparando com outras posições defensivas. (13,16)

Aliado à posição do atleta, o estilo de jogo tem impacto no risco de SRC. Jogadores com táticas mais agressivas apresentam maior frequência e magnitude de impactos. (13) O uso da tática agressiva de bloqueio, mais conhecida por placagem, aumenta o risco de lesão, sendo mais evidente em categorias infantis. Com a sua proibição no hóquei no gelo em menores de 10 anos verificou-se uma redução do risco de concussão sem condicionar a performance futura dos jogadores. (16)

Por fim, o nível de desporto associa-se a diferentes taxas de incidência de concussão. Categorias amadoras ou menos profissionais estão associadas a maior risco, porventura, por menor

acompanhamento médico e profissional, menor nível de habilidade técnica, maior variabilidade na posição do jogo e menor qualidade dos equipamentos de proteção. (16)

Fatores psicológicos

Os fatores psicológicos atuam como modificadores do risco de concussão. Elevados níveis de ansiedade, bem como, eventos de vida stressantes, demonstram associação significativa com um aumento do risco de lesões. Além disso, emoções negativas como irritabilidade, fadiga e depressão também estão correlacionadas com uma maior incidência de lesões. (22)

Adicionalmente, é possível estabelecer uma relação entre traços de personalidade e a ocorrência de concussão. Traços de psicotismo e comportamentos de maior agressividade estão associados a um aumento do risco de SRC, particularmente em desportos que envolvem contacto com a cabeça e pescoço. (16,22) Por outro lado, personalidades tímidas, caracterizadas por preocupação excessiva e medo apresentam menor predisposição para estas lesões. Assim, fatores como o nível de experiência, bem-estar emocional, comportamento menos agressivo/mais evitativo, proximidade social e resiliência são considerados fatores protetores. (22)

Fatores genéticos

Existem diversos mecanismos de influência genética associados ao risco de SRC. A interação dos genes no estado psicológico basal e a correlação com doenças e condições que predispõe a TCE são alguns dos exemplos de como os fatores genéticos podem condicionar o limiar de lesão e recuperação de lesões cerebrais traumáticas. (23)

Os genes mais envolvidos, em concreto, são os genes *GRIN2A* que contribuem para a conectividade sináptica, os genes *APOE* para a plasticidade e reparação, os genes *CACNA1E* para o influxo de cálcio e os genes *SLC17A7* para o consumo e deposição de glutamato. (24)

A variação no risco de concussão pode relacionar-se com a existência de polimorfismos genéticos. Estes surgem de deleções ou inserções de DNA num gene ou nucleótido e, conseqüentemente, afetam a expressão e função normal dos genes. As alterações no genoma resultam numa resposta distinta das proteínas que medeiam a resposta celular e, como tal, em conseqüências fisiológicas também diferentes. (24)

A maioria dos estudos é dirigida para polimorfismos genéticos específicos, com especial atenção para o gene *APOE*. Este gene codifica a proteína APOE (apolipoproteína E), implicada no dano neuronal, e está associado a doenças neurodegenerativas. No entanto, não foi encontrada evidência que sustente a associação entre genótipos de APOE e o risco aumentado de concussão. Com exceção no genótipo do promotor *APOE G-219T TT*, que representa uma variante associada a história de múltiplas concussões prévias. (16,23,24) Este polimorfismo confere risco de múltiplas lesões e não apenas de concussão. Correlaciona-se com maior número de lesões por

menor performance cognitiva (por déficit na atenção e função executiva) e por aumento das consequências ao trauma (devido a diminuição do limiar de trauma pela anatomia cerebral mais vulnerável, com diminuição da matéria cinzenta e da reserva cognitiva, por aumento da deposição de beta amiloide e vulnerabilidade da vasculatura do sistema nervoso central - SNC - ao espasmo e hemorragia). (23)

Outro gene com possível implicação é o gene que codifica o recetor de dopamina D2, *DRD2*, contudo, a associação com o risco de concussão carece de evidência significativa. (23,24)

Fatores Ambientais

Embora a evidência seja limitada, o meio ambiente é um fator que pode condicionar o risco de concussão. Por exemplo, o clima mais húmido apresenta um menor risco de SRC. Quanto à temperatura e altitude a literatura é controversa e, por isso, não existe consenso quanto à sua implicação. (16,18)

Adicionalmente, com a expansão da utilização dos pisos sintéticos, como a relva artificial, tem-se constatado uma mudança no risco de lesões desportivas. (16) Existe uma relação bem estabelecida entre o uso de relva artificial e o número elevado de lesões no joelho e tornozelo. Porém, no que concerne à concussão verifica-se uma diminuição da incidência, em desportos de contacto, variando entre os 6% e os 30%, comparativamente a um piso de relva natural. Esta associação foi estudada no rugby *union*, futebol americano e futebol, no entanto, apenas nos dois primeiros é significativa, uma vez que, no futebol a utilização de relva artificial foi proibida na maioria das categorias profissionais.

Outros fatores

Para além dos fatores mencionados anteriormente, atletas com condição física inferior ou menor tempo de prática apresentam maior probabilidade de sofrer uma concussão. No rugby, em específico, atletas com índice de massa corporal inferior à média demonstram maior risco de concussão. Este facto deve-se a alcançarem fadiga mais precocemente e, por conseguinte, reagirem menos eficientemente na dinâmica do jogo. (16)

Outro fator que pode predispor a lesões cerebrais traumáticas são os impactos laterais na cabeça. Esta zona é biológica e mecanicamente mais vulnerável e, para além disso, os impactos acontecem fora do campo de visão, pelo que, o tempo de reação necessário para ativar os músculos do pescoço, de modo a diminuir a força de impacto, está aumentado, elevando, concomitantemente, o risco de concussão. (16)

Por sua vez, a associação entre a história de doenças neurológicas como, por exemplo, enxaquecas, encefalite e epilepsia, e o risco de concussão cerebral carece de investigação científica significativa, apesar de ser considerada um potencial fator modificador. (16)

Capítulo 3 – Fisiopatologia

A concussão cerebral é um distúrbio funcional resultante de um impacto, provocado por forças biomecânicas. Estas forças desencadeiam o deslocamento do cérebro dentro do crânio, sendo suficientes para condicionar alterações patológicas transitórias, sobretudo a nível microscópico: celular, molecular e metabólico. (1,7)

A fisiopatologia de SRC depende, portanto, do mecanismo e características do impacto, da suscetibilidade individual, incluindo fatores de risco genéticos, comorbilidade, e fatores ambientais. (1,7)

Os mecanismos metabólicos e celulares permanecem sob investigação científica, sendo que a grande percentagem de dados advém de estudos em modelos animais. Grande percentagem da evidência sugere que possam ocorrer diferentes mecanismos fisiopatológicos. Nas teorias mais recentes, o mais provável é que estes ocorram concomitantemente em diferentes graus de severidade entre os indivíduos, ao invés de serem mutuamente exclusivos. (25,26)

Assim, a fisiopatologia da concussão pode dividir-se em duas fases. Inicialmente ocorre o impacto causado por forças biomecânicas e, seguidamente, ocorrem múltiplos processos neuropatológicos, mais conhecidos, por cascata neurometabólica. (26)

Mecanismo de Concussão Relacionada com o Desporto

O mecanismo e as características dos impactos condicionam a fisiopatologia de SRC, pelo que a sua explicação assume relevância.

Existem diversos tipos de impacto com a capacidade de suscitar uma concussão cerebral, nomeadamente:

- Um golpe violento na cabeça como, por exemplo, com outra parte do corpo ou através de um objeto em movimento rápido (como uma bola);
- Uma colisão corporal com outro indivíduo;
- O contacto da cabeça com uma superfície (embora seja um mecanismo comum, apresenta baixo nível de evidência);
- Movimento brusco de aceleração-desaceleração da cabeça e pescoço. (16)

Na maioria dos desportos, verifica-se que o principal mecanismo de lesão é a colisão (intencional ou não) com outro jogador. No futebol, hóquei no gelo e futebol americano o mais frequente é o cabeceamento contra outro atleta ou bola. (16,17)

No entanto, o cérebro apresenta um mecanismo de defesa natural. A presença do líquido cefalorraquidiano (LCR) confere uma proteção hidráulica ao permitir a flutuação do cérebro no crânio e a absorção de energia cinética induzida pelos impacto. (27)

A biomecânica da concussão possibilita esclarecer elementos da sua etiologia. De forma geral, os impactos concussivos são provocados por forças rotacionais ou lineares e, podem ser mensurados por acelerómetros. Estes instrumentos, utilizados sobretudo em desportos de contacto, são úteis para caracterizar a energia cinética associada a impactos concussivos. Embora, não permitam definir um limiar para o diagnóstico de SRC, revelam dados essenciais para o seu estudo. (28)

Para além da aceleração linear e rotacional, o local de impacto é também um fator a considerar: impactos pouco localizados e no topo do crânio, geralmente, estão associados a maior severidade de concussão. Mesmo com a utilização de capacete, geram forças rotacionais e lineares que se perpetuam e provocam danos mais graves por estiramento das fibras neuronais. (28) Contudo, os possíveis sintomas de concussão não são passíveis de relacionar com os dados biomecânicos. (28)

Cascata neurometabólica

As forças biomecânicas, geradas pelo impacto na cabeça, provocam alterações celulares que afetam o metabolismo e a vitalidade neuronal. (26)

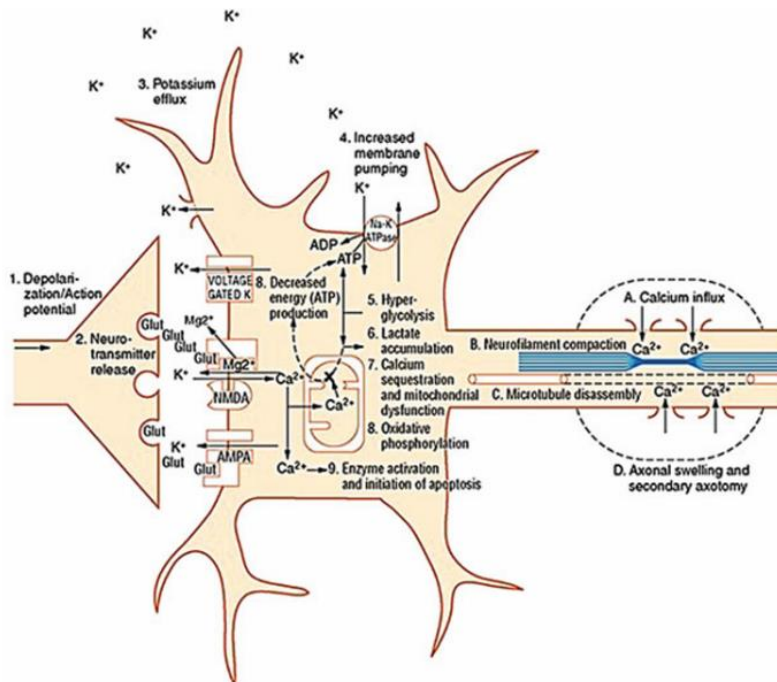


Figura 1 – Cascata neurometabólica da SRC. (1) Depolarização/Potencial de ação. (2) Liberação de neurotransmissores, glutamato. (3) Efluxo de potássio. (4) Aumento da atividade da bomba permutadora de iões. (5) Aumento da glicose no interior do neurónio. (6) Acumulação de lactato, decorrente da glicólise. (7) Sequestro de cálcio no interior da mitocôndria e consequente disfunção mitocondrial. (8) Fosforilação oxidativa. (9) Ativação da enzima calpaína e iniciação da apoptose. (A) Lesão neuronal com influxo de cálcio. (B) Lesão dos neurofilamento. (C) Desarranjo dos microtúbulos, com disfunção no transporte axonal. (D) Lesão axonal. K⁺ potássio, Na⁺ sódio, Mg²⁺ magnésio, Ca²⁺ cálcio, NMDA N-metil-aspartato. (Ilustração disponível em: Banks RE, Domínguez DC. Sports-Related Concussion: Neurometabolic Aspects.) (26)

Inicialmente, ocorre um rápido estiramento axonal que causa uma disrupção das membranas neuronais. Isto gera um fluxo iónico desregulado, através dos canais localizados nas membranas do neurónio, com conseqüente mudança abrupta nas reações metabólicas celulares. (25–27) A abertura dos canais iónicos membranares gera um influxo de Na⁺ (sódio) cursando com a despolarização do neurónio. (25,26) Seguidamente, várias vesículas transportadoras tornam-se ativas, aumentando a libertação de neurotransmissores, sobretudo do glutamato. (25,26) O glutamato é o neurotransmissor excitatório mais abundante, e a sua libertação, ao ocorrer de forma descontrolada, conduz ao aumento da hiperexcitabilidade e da ativação cortical por promover o efluxo de K⁺ (potássio). (25–27) O aumento extracelular de K⁺ potencia a sobreativação dos recetores de glutamato (NMDA). Estes últimos, acionam, também, os canais sensíveis a voltagem de Ca²⁺ (Cálcio) e o resultado é o aumento drástico do Ca²⁺ intracelular. (25,26)

Crise energética

A libertação massiva e desorganizada de neurotransmissores (glutamato) e desregulação do fluxo iónico, com a saída de K⁺ e a entrada de Ca²⁺ no neurónio, origina uma disfunção metabólica. De modo, a restaurar a homeostasia são ativadas as bombas dependentes de ATP (Adenosina Trifosfato). Devido ao aumento elevado e súbito da necessidade de energia, as reservas de glicose são esgotadas rapidamente e a célula deixa de conseguir responder às suas necessidades, entrando em crise energética, que pode durar entre duas a quatro semanas. (25,26)

Para além disto, os níveis de elevados de Ca²⁺ intracelular acumulam-se na mitocôndria, gerando disfunção mitocondrial através da sinalização de proteases e espécies reativas de oxigénio. Portanto, o Ca²⁺ torna-se tóxico, ativando mais lesão celular por alteração do metabolismo oxidativo. (25,26).

Desta forma, a célula entra em crise energética, e stress oxidativo conduzindo a destruição de componentes celulares críticos, incluindo microtúbulos e neurofilamentos, que culmina em apoptose. (25–27) Assim, a ativação de cascatas intracelulares por disrupção na homeostasia provocam um comprometimento funcional, excitotoxicidade e eventual dano celular e morte neuronal, dependendo da severidade da disfunção celular e metabólica. (25) Como tal, os neurónios não conseguem transmitir as informações de forma eficaz, interferindo na rede de comunicação e tornando o cérebro mais vulnerável a lesões subsequentes. (25,26)

Neuroinflamação

Para além da cascata neurometabólica, os recetores de glutamato interagem com citocinas pró-inflamatórias e desencadeiam uma resposta neuroinflamatória. (27) Os distúrbios na homeostasia ativam a microglia, que são as principais células cerebrais responsáveis pela defesa imunitária. Estas desempenham um papel na função do sistema sináptico e na reparação do SNC, contribuindo para a limpeza dos detritos celulares e para a sobrevivência e recuperação neuronal. (26) A ativação da microglia pode originar duas formas distintas. A microglia “M1” ativa e produz

vários fatores imunes como citocinas, óxido nítrico, fator necrose tumoral e espécies reativas de oxigênio (ROS). Para além disso, estas neurotoxinas são libertadas para o espaço extracelular, atraindo macrófagos periféricos que se diferenciam em microglia, aumentando a inflamação local e promovendo a sua generalização. (26,27). Desta forma, contribui para a neuroinflamação crónica e stress oxidativo, com possíveis efeitos neurotóxicos. (26,27) Por sua vez, a microglia “M2” reduz a inflamação através de mecanismo de reparo neuronal com a libertação de fatores anti-inflamatórios e proteases. (26)

Em suma, a interação entre os recetores de glutamato e fatores imunológicos, provoca um aumento do ROS e óxido nítrico, acumulação de produtos lipídicos e ativação de prostaglandinas, com consequente, lesão nas sinapses, dano nos microtúbulos e supressão mitocondrial. (27) De forma geral, o metabolismo anormal desencadeia uma ativação inflamatória também anormal, mediada pela infiltração da microglia, e que pode ser prejudicial para a função neuronal. (25,26)

Disfunção/lesão axonal

O impacto concussivo e as forças de aceleração e desaceleração e a absorção de energia no cérebro pode provocar uma lesão axonal, com consequente disrupção das vias neuronais responsáveis pelas funções corticais. (25,26) A lesão axonal é geralmente difusa e depende da densidade do tecido cerebral, em que tecidos menos densos, como a matéria cinzenta, movem-se mais rápido e, portanto, estão sujeitos a maior estiramento dos axónios. (27)

No entanto, a maioria das lesões axonais são decorrentes de processos celulares e metabólicos, decorrentes dos processos anteriormente descritos, ao invés das forças mecânicas. (27) O elevado nível de Ca^{2+} intracelular promove a ativação de enzimas que fosforilam e ativam proteínas como a calpaína. Esta medeia a proteólise das proteínas do citoesqueleto favorecendo o desarranjo dos microtúbulos e o colapso dos neurofilamentos. (26) Para além disso, as forças geradas podem resultar num aumento da tensão de cisalhamento provocando lesão axonal, por alteração do citoesqueleto neuronal. (25,26) Ambos os mecanismos, a fosforilação da microestrutura do neurofilamento e a lesão axonal, resultam numa disrupção do transporte axonal e acumulação de proteínas nas regiões lesionadas, propiciando o surgimento de edema axonal, que se perpetuado culmina na degeneração e morte neuronal. (25,26,29)

Diminuição da perfusão cerebral

O fluxo sanguíneo cerebral é condicionado pela concentração de CO_2 (dióxido de carbono) no sangue. O aumento transitório da produção de CO_2 relacionado com os desarranjos metabólicos, reduzem a vasorreatividade no SNC e, como tal, alteram o fluxo sanguíneo cerebral. De facto, após o impacto, estudos de imagem verificam uma diminuição da perfusão cerebral. (25,30)

De forma geral, a diminuição da perfusão cerebral e de oxigénio não se aproxima dos níveis de isquémia, porém, com a diminuição da glicose e a crise metabólica podem surgir consequências com um limiar inferior. (26) O fluxo sanguíneo permanece reduzido durante vários dias e agrava

em condições de stress ou exercício físico. Está relacionado com o aumento da gravidade dos sintomas e diminuição da função cognitiva. Em crianças e adolescentes pode persistir diminuído durante mais tempo (entre 14 e 30 dias). (26) Além disso, o retorno ao basal tende a ser posterior à resolução sintomática. (25)

Resolução da fisiopatologia

A disrupção metabólica, a neuroinflamação, a lesão axonal e nas vias neuronais e as mudanças no fluxo cerebral sanguíneo surgem quer na fase aguda quer na fase crónica da SRC. (25)

Numa concussão única e simples o glutamato é removido por mecanismos cerebrais intrínsecos, essencialmente proteínas transportadoras de glutamato, e o fluxo iões reverte num período de 24 a 72 horas. Porém, estes fatores intrínsecos interagem com nutrientes e mecanismos de controlo envolvidos na libertação de fatores imunológicos após a lesão. (27) Estes fatores imunológicos, são geralmente removidos de forma mais lenta, em quatro a cinco dias, e as células neuronais acabam por reparar em sete a dez dias. (26)

Porém, na presença de eventos concussivos ou subconcussivos múltiplos, a microglia permanece ativa, libertando mediadores inflamatórios de forma crónica. A maioria dos neurónios consegue proceder à reparação, mesmo com impactos fortes, mas no trauma repetido a reação inflamatória continua após a cessação dos impactos. Por isso, a evidência sugere que entre sofrer um impacto de elevada magnitude ou vários impactos menos intensos, seja preferível o primeiro. (25,27)

A perpetuação da resposta imunológica conduz à acumulação de proteína Tau e, subsequente destruição e morte neuronal, cursando com sintomas neurocognitivos permanentes. De facto, verifica-se o mesmo mecanismo fisiopatológico de doenças neurodegenerativas progressivas como a doença de Alzheimer (DA), na qual ocorre acumulação de proteínas tóxicas responsáveis pela morte celular. Assim sendo, vários estudos apontam que a neurodegeneração decorrente da resposta imunológica ao impacto pode ser a origem de sequelas de SRC e doenças como a encefalopatia traumática crónica (ETC). (25,27)

Capítulo 4 – Sinais e Sintomas

A concussão relacionada com o desporto apresenta um espectro variado de sinais e sintomas. Considerando a heterogeneidade fisiopatológica subjacente, a apresentação clínica e a trajetória de evolução manifesta-se de forma distinta entre indivíduos. A afeção de múltiplos sistemas e a sua inter-relação torna a categorização dos sintomas complexa, porém, de modo geral estes subdividem-se em cinco domínios principais (distintos da categorização em subtipos): cognitivo, neuropsiquiátrico, relacionado com cefaleia/enxaqueca, relacionado com o equilíbrio e com distúrbios do sono. (31)

Tabela 1 – Sintomas de SRC consoante os domínios.

<i>Domínio</i>	<i>Sintomas</i>
<i>Cefaleia/enxaqueca</i>	<ul style="list-style-type: none">• Cefaleia• Tonturas• Visão turva• Náuseas e vômitos• Sensibilidade à luz e ao som• Dor cervical
<i>Cognitivo</i>	<ul style="list-style-type: none">• Dificuldade de concentração• Amnésia• Perda de conhecimento• Alterações da memória• Desorientação e confusão• Lentificação do discurso e do pensamento• Tempo de reação e resposta aumentados
<i>Neuropsiquiátrico</i>	<ul style="list-style-type: none">• Depressão• Ansiedade• Irritabilidade• Alterações de humor/personalidade• Labilidade emocional
<i>Relacionado com o equilíbrio</i>	<ul style="list-style-type: none">• Instabilidade na marcha• Falha de coordenação motora• Ataxia• Disfunção vestibulo-oculomotora
<i>Relacionado com distúrbios do sono</i>	<ul style="list-style-type: none">• Fadiga• Insónia• Sonolência

A maioria das concussões são benignas mesmo na presença de perda de consciência e amnésia. Anteriormente, estas eram consideradas condições obrigatórias para o diagnóstico de SRC, no entanto, verifica-se que menos de 10% das concussões apresenta perda de consciência no momento do trauma. Assim, os estudos mais recentes afirmam que basta um sinal ou sintoma, no contexto apropriado, para se considerar o diagnóstico de SRC. (1,7,29)

O impacto concussivo afeta diferentes domínios funcionais entre indivíduos, e como tal, a SRC manifesta-se de formas distintas. Porém, existem sintomas reportados mais comumente, como cefaleias/enxaquecas, fadiga, tonturas, lentificação, confusão, problemas de concentração e memória (amnésia), alterações de humor (depressão e ansiedade) e problemas de equilíbrio. (31)

Alguns sintomas em particular, como a presença de cefaleias, tonturas e confusão condicionam a quantidade total de sintomas, e essencialmente, a performance cognitiva (que engloba velocidade de processamento, atenção, memória e funções executivas). (29) A performance atlética é também prejudicada dessa forma, mas sobretudo pelo envolvimento frequente dos sistemas sensoriomotor, visual e vestibular. (31)

Como se verifica, os sintomas são pouco específicos, surgindo frequentemente relacionados com outras causas ou doenças subjacentes. (1,32) Geralmente, iniciam minutos a horas após o impacto e observam-se em maior número e gravidade nas primeiras 24 a 48 horas. Podem desenvolver-se e evoluir durante dias a semanas, surgindo novos sintomas posteriormente. Devido à sua permutabilidade, entre sintomas iniciais (em minutos a horas) e sintomas tardios (em dias a semanas) a SRC é uma condição dinâmica que varia de forma inesperada e com necessidade de reavaliação constante. (31)

A duração dos sintomas também varia apesar de, usualmente, resolverem espontaneamente dentro de dias (7-10) a poucas semanas, sobretudo se ocorrer uma gestão apropriada da clínica. (29) Não obstante, certos sintomas e condições de base como, por exemplo, ansiedade e depressão podem influenciar o tempo de recuperação. (22)

Para além disso, como já referido, ocorrem diferentes padrões de sintomas entre os sexos feminino e masculino. Vários estudos demonstram que as mulheres reportam maior número e gravidade de sintomas, sendo mais afetadas por sintomas neuropsiquiátricos e relacionados com cefaleias/enxaquecas e fadiga. Afirmam, também, que o tempo de resolução dos mesmos é superior. (14)

Apesar da resolução sintomática na maioria dos casos, uma percentagem considerável de indivíduos que sofre uma concussão continua a exibir sintomas após o tempo de recuperação habitual (mais de 1 mês). À persistência dos sintomas e das alterações dá-se o nome de Síndrome Pós-Concussão, que será abordada posteriormente. (29)

Correlação da fisiopatologia com os sintomas

Na literatura científica, a concussão encontra-se representada num sistema complexo. Estes sistemas incluem múltiplos componentes interrelacionados em várias escalas, de modo não linear. Em conjunto formam um diagrama detalhado, observado na figura seguinte, que relaciona a fisiopatologia e os sintomas, com foco nas relações de *feedback* (positivas e negativas) e nas alterações dinâmicas. (33)

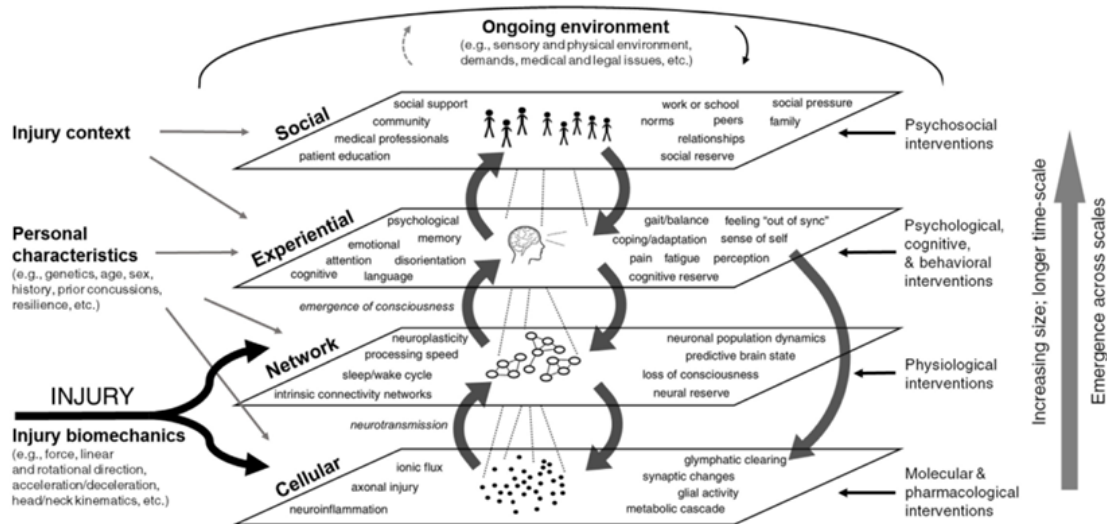


Figura 2 – Sistema complexo da concussão. O modelo apresentado inclui 4 níveis: celular, rede neuronal, experiencial e social. O nível celular aborda os processos celulares mencionados na fisiopatologia. As redes (neurais) focam o papel da neurotransmissão, e avaliam, através de exames de neuroimagem, a capacidade funcional e estrutural das redes neuronais, bem como, a neuroplasticidade e reserva natural cerebral. O nível experiencial, correlaciona a fisiopatologia com os diferentes sintomas, demonstrando a influência da disfunção da rede neuronal no estado psicológico, emocional e cognitivo. O nível social, caracteriza o impacto das relações e interações sociais, e o efeito da sua qualidade, bem como, a influência do contexto social. (Ilustração disponível em: Kenzie ES, Parks EL, Bigler ED, Lim MM, Chesnutt JC, Wakeland W. Concussion as a multi-scale complex system: An interdisciplinary synthesis of current knowledge.) (33)

De modo geral, as concussões podem causar uma série de sintomas físicos, cognitivos e emocionais. Mais concretamente, as alterações na neurotransmissão e lesões axonais podem levar a problemas cognitivos, como discurso lentificado e défices de memória, sendo que, a disfunção dos recetores NMDA no hipocampo pode contribuir para esses défices a longo prazo. Além disso, danos na rede neuronal entre o hipocampo e outras áreas cerebrais podem resultar em sintomas pós-concussão, como alterações na memória e défices de atenção. Por sua vez, os distúrbios do sono também podem afetar diversas redes cerebrais, contribuindo para a fadiga cognitiva e alterações de humor. Estas alterações de humor e *stress* psicológico podem surgir de interrupções nas redes cerebrais límbicas e frontais, afetando o comportamento social. Problemas de integração sensoriomotora e vestibular podem causar desequilíbrio e tontura, enquanto a sensibilidade à luz e ao som pode agravar sintomas como cefaleia e confusão. (33,34)

O modelo apresentado inclui variáveis, relações e limites que demonstram a influência de fatores fisiológicos, sociais e ambientais no mecanismo de lesão, na clínica e na experiência de sintomas, bem como, nas trajetórias de recuperação, incluindo sintomas e défices persistentes. Para além

disso, são condicionados por características inter e intra-individuais, nomeadamente, fatores genéticos e patológicos. Por exemplo, a história prévia de concussão, a história de enxaqueca, depressão ou distúrbios do sono, o sexo e a idade afetam a apresentação da concussão e interação com o sistema. (33,34)

Capítulo 5 – Abordagem

A abordagem da SRC deve englobar o reconhecimento, a avaliação inicial, o seguimento com reavaliações frequentes e, por fim o tratamento e regresso gradual à atividade. De modo a sistematizar os parâmetros a considerar na abordagem a uma concussão, o último consenso do CISG definiu os 13 Rs: Reconhecer; Reduzir; Remover; Referenciar; Reavaliar; Repousar; Reabilitar; Recuperar; Regresso à escola e ao desporto; Reconsiderar; Efeitos Residuais; Reformar e Refinar. (7)

Reconhecer e Remover

As *guidelines* internacionais mais recentes, de 2023, focam 3 passos fundamentais: reconhecer, remover e referenciar. O primeiro passo, e o mais essencial, para o diagnóstico de SRC é o reconhecimento. O seu atraso está associado a maior tempo de recuperação ou recuperação incompleta. (6,7) A suspeita de concussão surge perante a presença ou observação de sinais e sintomas, quer pela equipa técnica, quer por outros atletas ou profissionais de saúde, em contexto apropriado. Atualmente, para além da visualização direta em campo, a análise de vídeo constitui um meio útil de avaliar uma possível concussão e já é utilizada em alguns desportos (futebol e hóquei profissional). A revisão das imagens permite avaliar com mais detalhe a presença de sinais sugestivos de SRC, auxiliando a tomada de decisão. (1,7,35–37)

Tabela 2 – Sinais de concussão observados na análise de vídeo

Sinais que <u>indicam</u> concussão – “Red Flags”	Sinais que <u>sugerem</u> concussão – “Amber flags”
<ul style="list-style-type: none">• Perda de consciência: suspeita ou confirmada• Convulsão• Postura tónica• Desorientação /Confusão• Amnésia• Alteração de comportamento• Falta de coordenação motora• Desequilíbrio ou instabilidade na marcha• Ataxia• Sem ação protetora da cabeça/queda desprotegida• Olhar vazio, vago e atordoado• Hipotonia cervical	<ul style="list-style-type: none">• Lentificação a levantar• Agarrar/ abanar a cabeça• Permanecer imóvel no chão• Mecanismo possível e perigoso• Trauma visível na cabeça/face

Dos sinais e sintomas listados, a perda de consciência (suspeita ou confirmada), convulsão, postura tónica, instabilidade motora, ataxia, confusão, amnésia e alterações comportamentais implicam a remoção imediata. Deve ser excluída *à priori* a presença de algum sinal de alarme, uma vez que, podem mimetizar ou estar associados a condições patológicas mais graves que necessitam de avaliação precoce em ambiente hospitalar, como, por exemplo, hemorragia intracraniana (hematoma subdural), edema cerebral, fratura do crânio ou lesões cervicais. (1,37)

Tabela 3 – Sinais de alarme de concussão

Sinais de alarme

- Cefaleia severa ou em agravamento
- Suspeita de lesão cervical - dor cervical severa ou rigidez
- Sonolência
- Ausência de reconhecimento de pessoas ou lugares
- Deterioração da consciência / Declínio do estado mental
- Aumento da confusão ou irritabilidade
- Vômitos repetidos
- Discurso lentificado
- Défices neurológicos focais / Fraqueza ou dormência dos membros
- Alterações comportamentais
- Convulsões
- Perda de consciência
- Deformidade visível no crânio
- Perda de visão ou diplopia

Perante a suspeita de SRC, o atleta deve ser removido da prática desportiva e não deve retornar até completar avaliação médica. A nível mundial é divulgado o slogan “*If in doubt sit them out*” que reforça a importância desta medida. (36–38)

Abordagem em campo

A primeira abordagem, no terreno de jogo, consiste na identificação dos sinais observados, na aplicação de questões de orientação (*Maddocks questions*) e da Escala de Coma de Glasgow (GCS) e na avaliação da coluna cervical. (1,7,36–38)

Atualmente, cada modalidade desportiva, consoante as suas particularidades, possui regras específicas para avaliação de concussão em campo. Importa referir, que à medida que o conhecimento sobre concussão vai avançando estas regras vão sendo adaptadas. Por exemplo, no futebol, as interrupções passaram a permitir uma avaliação durante o máximo de 3 minutos. (1,7,35,36)

Abordagem imediata fora de campo

Por sua vez, após o reconhecimento inicial de concussão e a remoção do jogador para fora do campo deve-se proceder à: recolha de uma história breve sobre o contexto da lesão; avaliação dos sinais de alarme; avaliação cognitiva breve (incluindo a memória imediata e tardia, anterógrada

e retrógrada, discurso e processamento de informação) e à avaliação da coordenação/estabilidade postural e oculomotora. (1,7,36–38)

Uma avaliação normal não exclui o diagnóstico de concussão e a presença de algum achado positivo sugere uma concussão, não diagnóstica, portanto, recomenda-se uma reavaliação médica específica. (1,7,36–38)

Abordagem em gabinete médico

Perante uma concussão suspeita mas não diagnosticada recomenda-se a reavaliação periódica, num espaço calmo e livre de distrações. A avaliação médica demora aproximadamente 10 a 15 minutos e engloba sinais e sintomas, equilíbrio, marcha, alterações neurológicas e neurocognitivas. (1,7)

Dado que, em várias atividades desportivas, sobretudo a nível comunitário e infantojuvenil, não estão presentes profissionais de saúde, o CISG criou uma ferramenta, o *Concussion Recognition Tool*, CRT6 que pode ser utilizada por qualquer pessoa e aplicada a qualquer idade e nível de atividade e em diferentes desportos. O CRT6 não faz o diagnóstico, apenas permite identificar uma concussão e fazer a sua gestão inicial. A versão mais recente inclui a expansão dos sinais de alarme e engloba os sinais e sintomas organizados por categorias (físicos, emocionais e alterações do pensamento), coloca perguntas de avaliação da função cognitiva, adaptadas a cada desporto e idade do atleta, e foca algumas precauções a adotar. (1,7,39,40) O atleta deve ser acompanhado no mínimo 24 horas, avaliado por um profissional de saúde, mesmo que os sintomas melhorem ou resolvam, e informar os responsáveis que se suspeita de concussão e dos cuidados a considerar. (1,7,39,40)

Capítulo 6 – Diagnóstico

O diagnóstico de concussão é clínico e, geralmente, envolve algum grau de subjetividade dado a ausência de biomarcadores objetivos e testes de diagnóstico padronizados e validados. Adicionalmente, é dificultado pela inespecificidade e dinâmica dos sinais e sintomas, que podem demorar dias, horas ou semanas a surgir. Uma vez que, podem não estar presentes logo após o evento lesivo, a detecção por um familiar ou profissional próximo de alterações no atleta, sobretudo de performance ou de personalidade, poderá, também sugerir uma concussão. (1,7,36,37)

Apesar da ampla literatura sobre o tema, não existe um teste diagnóstico ou protocolo *gold standard* para o reconhecimento de uma concussão. O diagnóstico completo engloba uma anamnese detalhada com foco nas circunstâncias e mecanismo da lesão, o exame físico e neurológico e a aplicação de questionários de sintomas e a avaliação da sua trajetória. Confirma-se na presença de um mecanismo compatível e sinais e sintomas congruentes com concussão, sem outra causa possível. (1,35,38)

De modo a aumentar o grau de sensibilidade e especificidade do diagnóstico deve ser realizada uma abordagem multimodal com testes para avaliar as funções neurológica e neurocognitiva, motora (equilíbrio e marcha) e vestibulo-oculomotora e a componente neuropsicológica (emoções e distúrbios do sono). Estes testes devem ser interpretados em conjunto com a clínica e sintomatologia e ter em consideração a idade do atleta. (1,35)

Sport Concussion Assessment Tool

De forma a uniformizar a abordagem de SRC, o CISG recomenda o “*Sport Concussion Assessment Tool*” (**SCAT**) para avaliar a suspeita de concussão numa avaliação aguda e constatar os sinais e sintomas valorizáveis. Atualmente, é o teste mais comumente disponível e utilizado, e está incorporado em várias *guidelines* de categorias profissionais (FIFA, NFL e World Rugby). Esta ferramenta foi desenhada para profissionais de saúde e, embora não faça o diagnóstico *per se*, auxilia a decisão clínica. Dada a sua extensão, o SCAT pode ser utilizado parcialmente na avaliação lateral imediata e completado posteriormente, caso a suspeita de concussão se confirme. A validade diagnóstica é máxima na fase aguda até às 72 horas, podendo ser utilizada no máximo até 5 a 7 dias após a lesão, não devendo ser utilizado posteriormente (com a exceção da lista de verificação de sintomas). (1,7,35–37,40–42)

Dada a investigação clínica e a evolução do conhecimento sobre a concussão, foram realizadas diversas revisões sistemáticas que permitiram identificar problemas e propor alterações na ferramenta SCAT.(41–44)

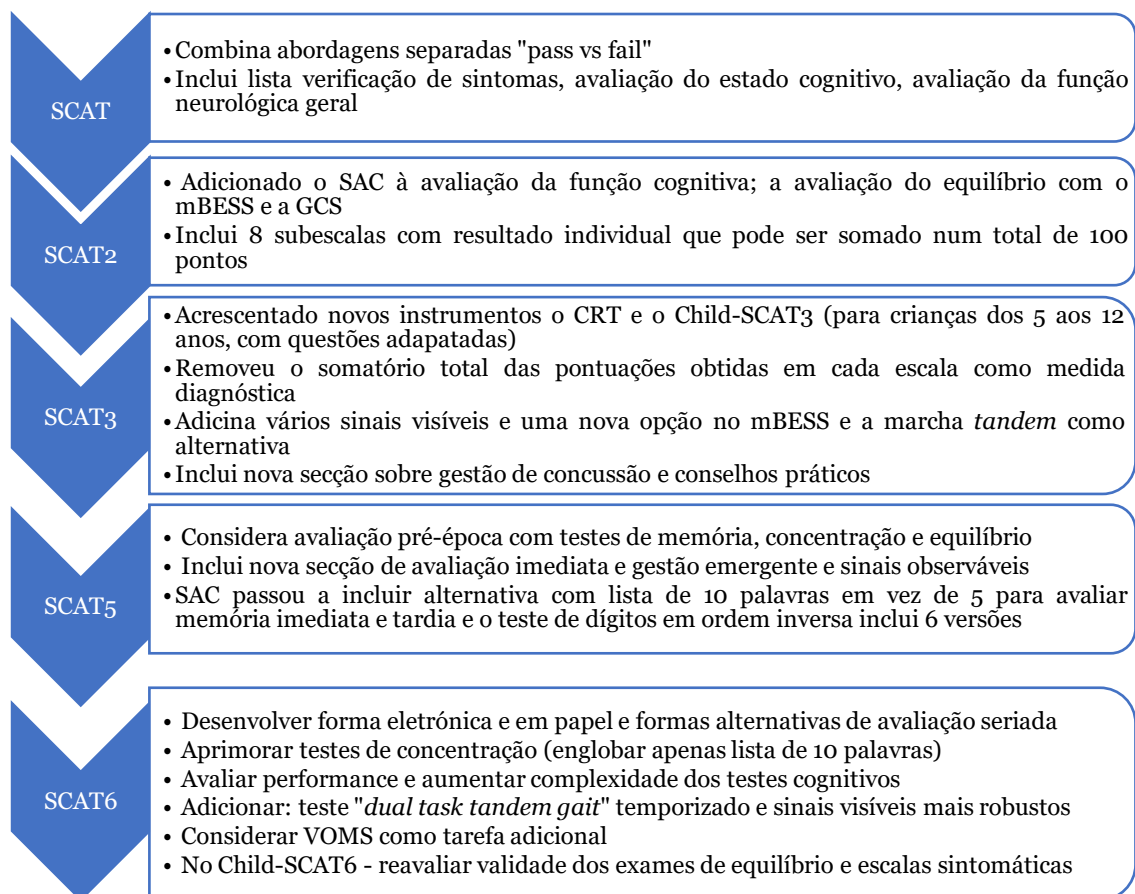


Gráfico 3 – Sumário das alterações nos vários SCAT

As versões mais recentes incluem o SCAT6 e Child SCAT6. O Child SCAT6 deve ser utilizado em crianças entre os 8 e os 12 anos. Ambos avaliam os vários domínios da concussão através da incorporação das diferentes secções: exame neurológico breve, lista de verificação de sintomas (PCSS), avaliação cognitiva breve (SAC) e avaliação do equilíbrio (mBESS). (1,7,37,40–42)

Tabela 4 – Componentes da avaliação primária e subaguda

Avaliação Primária	Avaliação Subaguda
1. Sinais Observáveis	1. Antecedentes Pessoais
2. Escala Coma Glasgow	2. Avaliação dos sintomas
3. Avaliação coluna cervical	3. Avaliação Cognitiva
4. Avaliação da coordenação e oculomotora	4. Avaliação da coordenação e equilíbrio
5. Avaliação da memória - Perguntas Maddocks	5. Avaliação da memória tardia
	6. Decisão/total scores

A **lista de verificação de sintomas** do SCAT6 inclui 22 sintomas. Estes enquadram-se numa escala PCSS (*Post Concussion Symptom Scale*) em que cada sintoma é categorizado quanto à

gravidade (o menos grave a 6 mais grave) em cada avaliação. Perante novos sintomas é necessário relacioná-los com lesões ou condições pré-existentes (como por exemplo, enxaqueca, perturbação de hiperatividade e défice de atenção PHDA, depressão, ansiedade ou doenças psiquiátricas) uma vez que podem condicionar maior *score* sintomático. (37,41,42)

A **avaliação cognitiva breve** inclui perguntas de orientação, testes de memória imediata e tardia e de concentração. O SAC (Standardized Assessment Concussion) é um componente do SCAT6 que avalia o estado mental ao integrar estes testes. As perguntas de orientação, previamente referidas na avaliação lateral, são adaptadas a cada desporto e envolvem perguntas mais detalhadas. A memória imediata é avaliada através de uma lista de palavras, que é repetida posteriormente para avaliar a memória tardia. Os testes de concentração incluem verbalizar os meses do ano ou alguns dígitos inversamente. (37,41,42,45)

O **exame neurológico breve** é fundamental para identificar sinais e sintomas de lesão intracraniana estrutural ou lesão da coluna cervical. Inclui o teste dedo-nariz, testes de avaliação da visão e movimentos extraoculares e testes do movimento cervical ativo. A **avaliação da coluna cervical** engloba a avaliação da dor, rigidez, mobilidade e força da coluna cervical e testes de sensibilidade. (37,41,42)

O exame neurológico aborda, também, a avaliação da marcha e equilíbrio. A ferramenta de **avaliação do equilíbrio** mais utilizada frequentemente é o *modified Balanced Error Score System* mBESS. Este teste avalia o equilíbrio estático. É realizado em superfície firme (ou espumosa), engloba três etapas (pés juntos, apenas um pé apoiado e postura padrão), com os olhos abertos e fechados e contabiliza o número de erros. Embora tenha alta especificidade, a sua fiabilidade pode ser limitada em crianças e por ser observador dependente. De seguida, são aplicados os testes de marcha *timed tandem gait* e *single and dual task tandem gait*. O *dual task tandem gait* associa o teste da marcha com tarefas cognitivas promovendo a complexidade na avaliação aguda. (37,41,42,45,46)

Por sua vez, no Child SCAT6, existem algumas nuances diferentes: ambos, crianças e pais, avaliam os sintomas e categorizam a sua frequência numa escala diferente; os testes de concentração englobam os dias da semana e menos quantidade de dígitos e, por fim, o exame de equilíbrio mBESS não possui a mesma reprodutibilidade comparando com os adultos. (37,41,42)

Idealmente, embora não seja obrigatório, o SCAT pode ser aplicado na pré-época, de modo a determinar o estado basal do atleta, e utilizado comparativamente com o SCAT realizado após a lesão. Muitos sintomas basais são compatíveis com sintomas concussivos reportados pelos atletas. Assim sendo, o conhecimento do comportamento e personalidade base do atleta permite reforçar o diagnóstico e melhorar a qualidade dos instrumentos de teste, ao minimizar efeitos confundidores como, por exemplo, as condições de realização dos testes, consumo de drogas e averiguar a intenção do atleta na valorização dos sintomas. (1,7,35,37,38,41,42)

Outros Instrumentos

Para além do SCAT, existe uma panóplia vasta de ferramentas que auxiliam o diagnóstico de concussão, embora a maioria foque apenas um aspeto da concussão. Por exemplo, o **VOMS** (Vestibular/Ocular Motor Screening) é uma ferramenta que avalia a função vestibulo-oculomotora, utilizada em ambiente clínico. Os sintomas vestibulares e a disfunção oculomotora são característicos e frequentes numa concussão (60% dos casos) e estão associados a maior risco de recuperação prolongada. Atualmente, está a ser investigada a sua validação na avaliação inicial, pelo que ainda não foi incluído no SCAT6. (1,7,35–37,41,45,47)

Outro teste comumente utilizado é o **King Devick Test**, KD. O Teste KD pode ser aplicado por qualquer pessoa e avalia o sistema visual, nomeadamente, os movimentos oculares rápidos, linguagem e atenção. Consiste na medição do tempo dos movimentos oculares através da leitura rápida de números em cartões, no entanto requer um teste basal para validar a comparação. Tanto o VOMS como KD não fazem o diagnóstico individualmente, porém, quando aplicados com o SCAT aumentam a sensibilidade diagnóstica. (1,7,36,37,45)

Por sua vez, o **tempo de reação** simples também pode indicar alterações neurológicas. Como tal, encontra-se, regularmente, prolongado na concussão e pode ser avaliado através da reação à queda de um objeto (peso). As novas tecnologias têm procurado informatizar estes testes e conseguem, por exemplo, medir o tempo de reação e rastrear o **movimento ocular rápido** em aplicações informáticas. (1,7,35,37,38)

Para além disso, existem testes neurocognitivos computadorizados (**CNT**). Estes testes como, por exemplo, o **ImPACT** (Immediate post-concussion assessment and cognitive test) avaliam a atenção, memória de reconhecimento, tempo de reação, velocidade de processamento de informação e englobam a lista de verificação de sintomas. Assim, permitem obter uma medida objetiva das alterações neurológicas. Em concreto, o ImPACT possui elevada sensibilidade para detetar concussão e monitorizar a recuperação, porém devem ser utilizados em conjunto com outros instrumentos de avaliação. (38,45,48)

Posto isto, o diagnóstico é obtido através da informação recolhida das ferramentas prévias juntamente com a impressão e o julgamento clínico. (37,38)

Neuroimagem

Os exames de imagem são utilizados na suspeita de lesão intracerebral ou lesão estrutural evidente, no caso de perda de consciência prolongada, défices neurológicos focais e agravamento dos sintomas. A Tomografia Computorizada (TC) é o exame de eleição na avaliação inicial e permite excluir hemorragia intracraniana e/ou fratura do crânio, que exigem avaliação cirúrgica imediata. Por sua vez, a Ressonância Magnética (RM) é o exame preferencial, sobretudo em fases subagudas e crónicas, nos casos em que a recuperação é desfavorável em relação ao esperado e

em casos de défices neurológicos. Apesar da maior sensibilidade é um exame dispendioso, com acessibilidade limitada e menos útil na deteção de alterações na microestrutura. De facto, menos de 1% das SRC estão associadas a alterações na RM estrutural. Uma vez que, a concussão cerebral está associada a estudos de neuroimagem estrutural sem alterações, estas técnicas convencionais tem utilidade limitada no diagnóstico de concussão. (35,41,49,50)

Com base nesta premissa, têm surgido estudos de neuroimagem avançada que detetam alterações neurometabólicas, microestruturais específicas e consequências funcionais mais subtis. Estas técnicas medem objetivamente vários aspetos da função cerebral e da fisiopatologia. Dada a sensibilidade após uma concussão, estão a ser investigadas como possíveis biomarcadores diagnósticos de SRC. (35,38,41,49–51)

Tabela 5 – Resumo das características das técnicas de neuroimagem avançada. (Adaptado de Koerte IK *et al.* 2020) (14)

Modalidade de Imagem	Característica	Descrição
DTI	Microestrutura da matéria branca	Avalia a difusão de moléculas de água no tecido cerebral. Obtém informação da integridade da microestrutura da matéria branca como a mielinização, diâmetro axonal e da densidade e organização das fibras e, conseqüentemente, deteta e localiza lesão/dano axonal. (38,49–51)
RMS	Metabolitos cerebrais	Os metabolitos individuais e as suas concentrações são quantificados pelos padrões característicos nas frequências de ressonância. Os mais comumente estudados são o NAA (N-acetil-aspartato) (marcador da integridade neuronal), a creatina (metabolito envolvido na energia celular), a colina (mede a integridade da membrana celular), o glutamato (avalia a neurotransmissão excitatória) e o mio-inositol (marcador de proliferação astrogliar). (38,49,50)
RMf	Ativação redes neuronais e regiões cerebrais	Avalia o fluxo sanguíneo cerebral ao medir alterações nos níveis de contraste dependente do nível de oxigénio no sangue (BOLD). Deteta alterações do sinal BOLD enquanto os indivíduos estão em repouso ou desempenham tarefas neurocognitivas e sensoriomotoras. O fluxo sanguíneo varia consoante a atividade neuronal, sendo que, as áreas de maior fluxo sanguíneo cerebral estão associadas a maior atividade neuronal. O aumento do recrutamento neuronal nas redes neuronais vizinhas sugere reorganização ou compensação neuronal em resposta à lesão cerebral e dano axonal no local do impacto. (38,49,50)

Na **imagem por Tensor de Difusão (DTI – Difusion Tensor Imaging)** obtêm-se vários parâmetros que avaliam integridade da matéria branca e sugerem alterações de mielinização e níveis de lesão axonal após SRC. Por exemplo, a anisotropia fracional (FA) (avalia a direção da água nos axónios) é o índice mais utilizado e geralmente diminui em caso de concussão devido a processos de desmielinização ou destruição axonal. A difusão média (MD – magnitude da difusão geral no tecido cerebral) aumenta significativamente nas fases agudas e subaguda de TCE leve,

mesmo na ausência de sintomas e está associada resultados clínicos adversos e prolongados, particularmente no sexo feminino. (36,39,46–48)

As alterações da matéria branca são encontradas na coroa radiada anterior, fascículo uncinado, corpo caloso e fascículo longitudinal. Podem persistir meses após resolução clínica, conferindo utilidade prognóstica nesta técnica. Porém, estas alterações não são consistentes na literatura devido a diversas limitações nos estudos como, por exemplo a heterogeneidade das abordagens e técnicas de análise e o processamento de imagem. (35,38,49–51)

Na **Ressonância Magnética por espectroscopia (RMS)** de uma concussão observa-se uma diminuição dos níveis de NAA, o que indica perda ou dano neuronal. Alguns estudos demonstram uma associação entre baixos níveis de NAA e reduzida função neuropsicológica após SRC. Assim, para além de marcador diagnóstico pode representar um potencial marcador de gravidade e recuperação de concussão. Por sua vez, o glutamato é um marcador do metabolismo neurotransmissor e encontra-se diminuído em caso de concussão. (38,50)

Apesar de não possuir elevada resolução espacial anatômica, permite monitorizar alterações funcionais dos metabolitos em determinadas áreas cerebrais (sobretudo na matéria branca do lobo frontal, córtex cingulado e tálamo). E, desta forma, aferir, indiretamente, a conectividade das regiões cerebrais, o neurometabolismo e a neuroinflamação, na ausência de alterações estruturais. (35,38,49)

Por sua vez, na **Ressonância Magnética funcional (RMf)** geralmente, observa-se elevada atividade em regiões cerebrais posteriores (cerebelo, giro occipital) e baixa atividade em regiões anteriores (giro frontal, giro temporal e cingulado posterior). (38,49,50)

Mudanças no fluxo sanguíneo cerebral relacionam-se com a disfunção cognitiva e a gravidade inicial dos sintomas. Uma diminuição da ativação neuronal sugere menor recrutamento o que se associa a piores resultados clínicos. No entanto, estas alterações podem persistir após resolução da clínica. Existe evidência de que são proporcionais ao número de impactos e possivelmente contribuem para sequelas a longo prazo e aumento do risco de lesões posteriores. Assim, a RMf pode ser um marcador de recuperação e prognóstico de SRC. (38,49)

O **eletroencefalograma (EEG)** é um método não invasivo, barato e útil para diagnosticar e monitorizar alterações cerebrais após TCE moderados a graves. No entanto, estudos recentes afirmam que é capaz de detetar alterações patológicas significativas na fase aguda de concussão. Estas alterações detetadas permitem compreender a apresentação clínica objetiva e subjetiva mas também podem ser observadas na ausência ou após a recuperação de sinais ou sintomas. (41,48,52)

Contudo, ainda não foi estabelecida uma correlação significativa com a clínica ou resultados, pelo que este método apenas é utilizado a nível experimental e não é recomendado o seu uso na prática

clínica para o diagnóstico de SRC. Para além disso, é necessário um protocolo universal que englobe a configuração dos elétrodos, o processamento e interpretação dos dados e as tarefas que devem ser completadas para ultrapassar as inconsistências na literatura científica. (41,52)

Existem outros métodos de imagem como a Tomografia por emissão de positrões (PET) (deteta alterações funcionais) e a magnetoencefalografia (MEG) (produz uma imagem funcional melhor que EEG), que parecem promissores embora menos abordados na literatura. (35,49)

Biomarcadores

Tal como a neuroimagem, os biomarcadores moleculares tem sido alvo de investigação promissora. Demonstram ser sensíveis a perda neuronal e de células gliais, alterações metabólicas, neuroinflamação, lesão axonal e outras alterações compatíveis com heterogeneidade fisiopatológica da concussão. Podem ser recolhidos de vários fluídos: LCR, sangue, urina e saliva. Os biomarcadores serológicos tem sido preferidos aos presentes no LCR, uma vez que, a punção lombar é um método mais invasivo e associada a maior risco. Vários biomarcadores tem sido propostos para o diagnóstico de SRC. (35,45,53)

Tabela 6 – Características dos biomarcadores

Biomarcador	Localização/Características
Proteína de ligação ao Ca ²⁺ S100	Presente nos astrócitos. Regula o Ca ²⁺ intracelular. Presente em tecidos não neuronais como osso, adipócitos e lesões musculoesqueléticas.
GFAP (<i>glial fibrillary acidic protein</i>).	Presente nas células da glia. Constitui parte do filamento intermédio do citoesqueleto dos astrócitos. É libertada perante uma disfunção na BHE.
UCH-L1 (hidrolase ubiquitina terminal-carboxil L1)	Enzima presente no citoplasma neuronal. Também pode ser encontrada nos neurónios do SNP (sistema nervoso periférico) e no sistema endócrino.
Enolase neurónio específica (NSE)	Enzima presente nos neurónios e libertada para a corrente sanguínea quando ocorre lesão neuronal.
Proteína precursora amiloide (APP)	Presente nas dendrites. Após um TCE ocorre disrupção do transporte axonal provocando a sua acumulação.
Proteína beta-amiloide	Provém da APP. Neurotóxica e associada a disfunção cognitiva e DA.
Tau	Assegura a estabilidade dos microtúbulos. Presente em axónios não mielinizados.
Neurofilamento de cadeia leve (NFL)	Presente no citoesqueleto dos neurónios (axónios mielinizados longos).

Os biomarcadores com elevado potencial diagnóstico são a proteína S100 (o mais estudado) e a enzima UCH-L1, uma vez que, ambos estão aumentados após a concussão e permitem distinguir

entre um atleta com ou sem concussão O NFL, GFAP e Tau também podem estar aumentados significativamente embora, a literatura sobre estes seja mais inconsistente. Os biomarcadores podem ser utilizados de forma isolada ou em combinação, sendo que a utilização de um painel permite aumentar a sensibilidade e especificidade diagnóstica. (53–55)

Os biomarcadores tem, potencial utilidade diagnóstica de SRC uma vez que as concentrações sanguíneas, nomeadamente de S100B, Tau, e IL-6 aumentam nas primeiras 6 horas após a lesão. A relação com os sintomas e resultados clínicos depende do tempo de recolha após a SRC. E dada a variabilidade inter e intra-individual marcada, idealmente, as concentrações devem ser medidas 1, 3 e 6 horas após a lesão, de modo a traçar o perfil cinético destes biomarcadores e esclarecer o seu valor preditivo. (53–55)

Para além do diagnóstico, estes biomarcadores parecem ser úteis no prognóstico e recuperação. Estudos mostram possíveis associações entre biomarcadores e a severidade dos sintomas após concussão. Existe evidência significativa entre níveis elevados de proteína Tau depois de uma concussão e recuperação prolongada com maior duração de sintomas. Esta proteína pode estar aumentada também em doenças degenerativas crónicas (ETC). Por sua vez, o NFL também está correlacionado com maior severidade dos sintomas e permanece elevado na presença de impactos repetidos. Assim, tem sido investigado o papel destes biomarcadores na recuperação, regresso à competição e consequências a longo prazo, como o Síndrome Pós-Concussão (PCS) e neurodegeneração. (35,53–55)

Devido à neuroinflamação subjacente à concussão são libertadas citocinas inflamatórias como IL-1 e IL-6. Estes marcadores inflamatórios podem também ser úteis no diagnóstico e recuperação de SRC. (54)

Outros biomarcadores potenciais são os microRNAs sanguíneos ou salivares (miR-425-5q e miR-502), que se encontram diminuídos na concussão e podem ser utilizados para o diagnóstico precoce de SRC. A investigação futura pretende isolar os microRNAs pertinentes nestes casos e corroborar a associação a impactos concussivos. (35,45,53)

Para além disso, podem estar elevadas noutras condições e doenças cerebrais ou lesões extracranianas. Por exemplo, a proteína S100 tem fontes extracerebrais, nomeadamente células músculo-esqueléticas, pelo que, aumenta em colisões associadas a atividade física e sem concussão. (53–55)

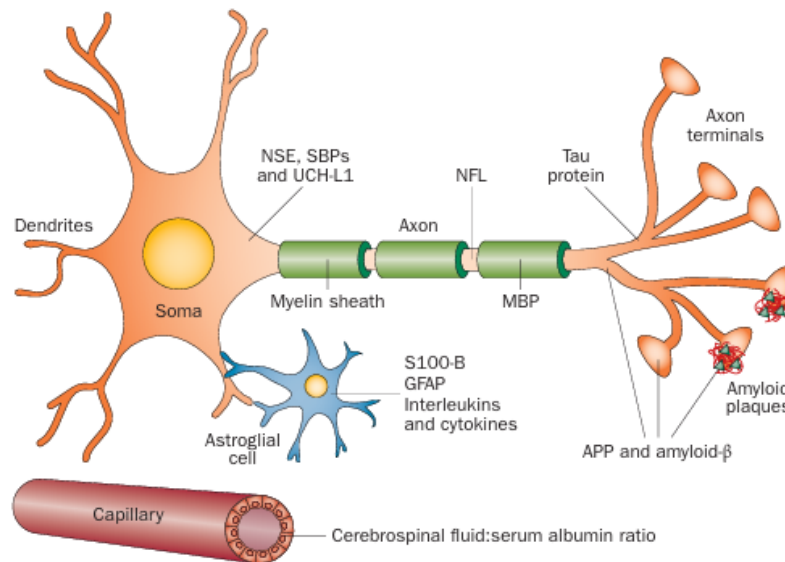


Figura 3 – Biomarcadores de SRC. NSE e UCH.L1 encontram-se enriquecidos no citoplasma dos neurónios. NFL está presente nos axónios mielinizados. A proteína tau está presente nos axónios não mielinizados. APP é produzida nos axónios terminais. Está relacionada com a resposta ao trauma e a formação de placas amiloides. A lesão das células astrogliais pode libertar S100-B e GFAP para a matriz extracelular. A integridade da BHE é indicada pelo ratio soro/albumina no LCR. APP Proteína precursora amiloide; GFAP *glial fibrillary acidic protein*; MBP Proteína básica mielina; NFL Neurofilamento de cadeia leve; NSE Enolase neurónio específica; SBPs Produtos de degradação de spectrina; UCH-L1 hidrolase ubiquitina terminal-carboxil L1; (Ilustração disponível em: Zetterberg H, Smith DH, Blennow K, Zetterberg (H, Blennow K. Biomarkers of mild traumatic brain injury in cerebrospinal fluid and blood.) (56)

Tecnologias emergentes

Como referido anteriormente, a análise de vídeo permite identificar sinais observáveis de concussão. Apresenta maior especificidade quanto maior o número de sinais detetados. Adicionalmente, pode ser utilizada para prevenir lesões, melhorando o conhecimento sobre os mecanismos e a consistência diagnóstica. Perante isto, estão a ser desenvolvidos protocolos de análise de vídeo tendo em vista a sua inclusão no diagnóstico de SRC. (1,7)

As particularidades de cada impacto concussivo, sobretudo, a sua dinâmica, mecanismo e energia envolvida influenciam o diagnóstico de concussão. Para avaliar a biomecânica e física das colisões existem acelerómetros e sistemas de sensores de impacto. Contudo, menos de 1% dos impactos reportados com magnitudes associadas a diagnóstico de concussão, resulta de facto na mesma. A sua acuidade aumenta quando combinada a medição da magnitude e do intervalo entre impactos. (28,57)

Capítulo 7 – Gestão

Reavaliação

O diagnóstico de concussão pode ser impreciso dada a natureza dinâmica dos sinais e sintomas. Deste modo, a confirmação do diagnóstico requer reavaliações frequentes e seriadas ao longo do tempo que abranjam os vários domínios envolvidos na SRC. (1,48,58) (1,7)

A gestão da concussão deve ser individualizada e incluir os antecedentes pessoais do paciente, uma avaliação clínica multimodal e a identificação de marcadores de prognóstico, tendo em vista a utilização das estratégias mais apropriadas a curto e a longo prazo. (48)

Os componentes da reavaliação incluem os listados na tabela seguinte. (7,58)

Tabela 7 – Componentes da reavaliação. P&P Papel e Caneta; FC Frequência Cardíaca; PA Pressão Arterial; mBESS modified Balance Error System Score; VOMS Vestibular/Oculomotor Motor Screening; NPC distância do ponto de convergência.

Componentes	Métodos de Reavaliação
Antecedentes Pessoais (médicos e psiquiátricos)	História clínica
Avaliação de sintomas	Questionários
Testes neurocognitivos	Verbais, P&P e computadorizados
Exame Objetivo	Sinais vitais: FC e PA; exame neurológico e cervical
Avaliação marcha/equilíbrio	mBESS, <i>timed tandem gait single and dual task</i>
Avaliação vestibulo-oculomotora	VOMS, NPC, avaliação pupilar
Avaliação psicológica e do sono	Entrevista clínica; Questionários
Avaliação neuromuscular	

Antecedentes Pessoais

Os antecedentes médicos, sobretudo a história prévia de concussão ou de lesões cerebrais e enxaqueca, podem influenciar a apresentação de SRC e como tal devem ser discriminados detalhadamente. A história prévia de concussão aumenta o risco de recuperação prolongada e maior gravidade dos sintomas. A nível de antecedentes psiquiátricos, os que apresentam maior impacto são a ansiedade e a depressão. (7) (58)

Avaliação de sintomas

As manifestação clínicas tem valor diagnóstico e na monitorização da recuperação. Uma vez que os sintomas não são específicos a distinção entre sintomas pré-existentes, coexistentes,

exacerbados ou causados por concussão pode ser complexa. A resolução dos sinais e sintomas tipicamente segue um padrão sequencial, por isso é necessário caracterizar o tipo, padrão, severidade e condições associadas. Para comparar a evolução sintomática e definir a sua trajetória podem ser utilizadas várias escalas (a lista de sintomas do SCAT, a PCSS e o *Concussion Symptom Inventory*). (7,48)

Testes neurocognitivos

Para avaliar a função cognitiva existem testes verbais, os testes tradicionais de papel e caneta (P&P) e testes cognitivos computadorizados. Os testes P&P medem a aprendizagem/memória verbal, visual e a velocidade de processamento/execução. Por sua vez, os testes neurocognitivos computadorizados estão comercialmente disponíveis e adicionam valor na avaliação pois permitem determinar alterações subtis, no tempo de reação por exemplo, comuns na SRC. Porém devem ser comparados a testes de referência e utilizados como ferramenta adicional, ao invés de forma isolada, para determinar decisões clínicas. No entanto, continua por determinar qual o teste ou combinação de testes que identifica uma concussão com maior eficácia. (7,58)

Exame Objetivo

A evidência emergente sugere uma disfunção autonômica no contexto de uma concussão. Os mecanismos possíveis resultam de alterações fisiopatológicas e incluem trauma do córtex límbico e núcleos do mesencéfalo e regiões cerebrais responsáveis pela função autonômica. Achados na literatura sobre a variabilidade da frequência cardíaca (HRV) afirmam que atletas com concussão exibem taquicardia ortostática em posição supina. Embora a evidência seja limitada, as alterações da pressão arterial (PA) e da frequência cardíaca (FC) em resposta a alterações posturais sugerem alterações no SNA (sistema nervoso autônomo) associadas a concussão. (48)

Deste modo, a avaliação da FC e PA em posição supina e ortostática deve ser englobada no restante exame clínico. Deve ser complementado com o exame cervical, já mencionado e um exame neurológico mais completo, com avaliação dos pares cranianos, tônus e força muscular, sensibilidade e reflexos tendinosos profundos. (48)

Avaliação da marcha/equilíbrio

Para avaliações da marcha/equilíbrio devem ser priorizadas avaliações instrumentais com equipamento de laboratório ou tecnologia portátil, em relação a avaliações estáticas ou dinâmicas, pois oferecem uma análise objetiva e apresentam maior validade e reprodutibilidade. Perante a ausência de recursos e dada a sua praticabilidade são utilizados os testes previamente mencionados, mBESS e *timed single and dual task tandem gait* que avaliam a marcha e equilíbrio estáticos e dinâmicos em combinação, embora possuam menor sensibilidade para detectar sintomas após a fase aguda. Literatura científica recente aborda parâmetros da marcha relacionados com tempo e distância, através de por exemplo da avaliação do centro de massa. Sem evidência que suporte superioridade de algum teste em específico. (46,48)

Avaliação vestibular e oculomotora

A função visual e vestibular envolvem elevada atenção e função cortical com integração e coordenação das vias visuais/vestibulares e motoras, sendo áreas críticas para a performance desportiva. A disfunção vestibular manifesta-se como dificuldades de equilíbrio e no controlo postural, marcha, défices do reflexo oculomotor e tonturas. Idealmente deve-se combinar estratégias de avaliação vestibular (periférica e central) e oculomotora. O VOMS é o instrumento mais estudado e validado, no entanto o VOMS modificado tem igual acurácia e aplicabilidade. A avaliação ocular inclui a distância do ponto de convergência (NPC) e a avaliação das pupilas. Atualmente, a tecnologia de pupilometria apresenta potencial para distinguir uma possível concussão, porém é inacessível exteriormente ao ambiente laboratorial. Com evidência limitada sobre qual a melhor estratégia, a escolha dos instrumentos varia consoante o ambiente, o paciente e o local. (47,48)

Avaliação psicológica e do sono

O rastreio de condições psicológicas e de distúrbios do sono através de entrevista clínica e aplicação de questionários deve, igualmente, ser englobado. Os sintomas psicológicos são comuns e podem estar associados a concussão ou exacerbar condições pré-existentes. A existência de depressão e ansiedade previamente à SRC está associada a maior número de sintomas. Por sua vez, os distúrbios do sono são, também, frequentes após a concussão e estão associados a recuperação neurológica prolongada e aumento do risco de sintomas persistentes. As alterações mais comumente detetadas são a insónia, excesso de sonolência e a diminuição da qualidade de sono. (7,48,59)

Avaliação neuromuscular

Alguns indivíduos demonstram características neuromusculares como dor cervical, cefaleia de tensão, distúrbios do equilíbrio e défices proprioceptivos após concussão. Estudos sugerem que a função sensoriomotora permanece alterada após o regresso ao desporto e, conseqüentemente, demonstram elevado risco de lesões músculo-esqueléticas subseqüentes, com impacto deletério na *performance* desportiva. Assim, a evidência emergente sugere adicionar um componente de avaliação neuromuscular. (7,46,60)

Uma vez que a maioria dos testes avalia apenas um domínio, deve ser considerada uma abordagem multimodal. As ferramentas atuais utilizadas na fase aguda tem menor validade após as 72h. Para sistematizar a avaliação clínica, o CISG elaborou uma nova ferramenta baseada em revisões sistemáticas, o SCOAT e Child-SCOAT. Esta ferramenta é adaptada à fase subaguda da concussão, 3 a 30 dias após a lesão. Não substitui a avaliação clínica, apenas auxilia os profissionais de saúde a avaliarem as manifestações clínicas importantes que influenciam a apresentação da concussão. Desta forma, permite identificar os domínios com potencial intervenção terapêutica, avaliar a necessidade de referência a um especialista e a monitorizar a

recuperação. Apesar de o SCOAT ser um instrumento validado, requer atenção à reprodutibilidade dos testes e algum efeito-teto possível, a avaliação das propriedades psicométricas, validação (em diferentes momentos após a lesão, em diferentes populações, culturas e linguagens/línguas) e alterações consoante a evidência científica atualizada. (1,7,48)

Gestão em populações particulares

Sexo Feminino

De modo geral, o sexo feminino é mais suscetível a desenvolver e manter uma concussão. Apresenta maior quantidade de sintomas e maior severidade dos mesmos, com enfoque no declínio cognitivo e nos sintomas somáticos, emocionais e vestibulo-oculomotores. Demonstra trajetórias de recuperação mais prolongadas e associadas a piores resultados e maior probabilidade de recorrer a tratamentos farmacológicos. (13,18,23) (61)

A nível biológico, mais concretamente anatómico, o sexo feminino possui menor comprimento e largura do pescoço, menor massa da cabeça, resultando em menor força nos músculos cervicais e alcançando maiores picos de aceleração e deslocamento angular com menor tolerância biomecânica a impactos na cabeça. (14,16,19) (61)

Para além disso, um estudo em concreto afirma que a diferente fisiopatologia e resposta entre o sexo feminino e masculino é atribuída à existência de variações na estrutura anatómica cerebral. Diferenças no corpo caloso fazem com que as mulheres utilizem ambos os hemisféricos para executar uma tarefa enquanto os homens ativam neurónios de forma mais localizada. Como as mulheres integram a informação de forma mais complexa, fazendo mais associações, um impacto localizado afeta mais domínios e provoca mais consequências/sequelas do que nos homens. Além do mais, nos exames de imagem verifica-se que o corpo caloso é uma das estruturas mais afetadas na concussão. (62)

Algumas teorias sugerem explicações baseadas em efeitos hormonais do estrogénio e progesterona. No entanto, não existe evidência significativa de que o ciclo menstrual afete a clínica e os sintomas de SRC e a performance desportiva, inclusive na presença de contraceção hormonal. (61)

Os comportamentos psicológicos e atitudes sociais exercem igualmente influência nas taxas de incidência de concussão. De facto, as mulheres têm maior propensão para reportar sintomas e lesões, atribuível a fatores psicológicos e construtos sociais. Contudo, com o aumento do grau de competitividade esta diferença torna-se mais ténue. (14,16,19,61) (10,61)

No que diz respeito ao desporto em concreto, a discrepância de suporte médico e profissional, sobretudo em categorias femininas, pode ser um fator condicionante. Por sua vez, as diferenças

nas regras e equipamentos desportivos são consideradas um potencial fator modificador do risco de SRC no sexo feminino, apesar de carecerem de evidência científica. (14,16)

Atletas com incapacidades/deficiências

O desporto adaptado a pessoas com deficiência ou incapacidade possui particularidades próprias. A evidência epidemiológica é limitada, contudo, sabe-se que muitos desportos tem elevado risco de concussão devido a maior velocidade de jogo, potencial de impacto e falta de equipamento de proteção. De facto, os atletas paralímpicos apresentam maior risco de lesão de forma geral, sobretudo na face e cabeça. Por sua vez, os atletas invisuais demonstram um risco superior de concussão devido a maior probabilidade de colisões ou impactos diretos na cabeça. (7,63,64)

Habitualmente, atletas com deficiência ou incapacidade beneficiam de uma avaliação pré-época (sobretudo neuromuscular) e de exames de saúde periódicos, para estabelecer um ponto de referência. Este facto deve-se à natureza variável das suas condições e potencial apresentação atípica. (7,48,63,64)

No entanto, os instrumentos de avaliação utilizados comumente para avaliação de concussão não se encontram devidamente validados, nem podem ser aplicados integralmente neste grupo populacional. Por exemplo, atletas com deficiência podem apresentar concussão e ter um SCAT considerado normal. Já os questionários de sintomas aplicados durante a recuperação requerem modificações consoante as características individuais. Alguns esforços preliminares do CIPS (Concussion in Para Sport Group) utilizaram o mBESS e produziram uma versão para cadeira de rodas, o WESS (Weelchair) e alteraram a prova de exercício aeróbio para *hand-cycling* estacionário. Todas as adaptações consideradas necessitam de ser novamente validadas. (7,48,63,64)

Relativamente à gestão de SRC nesta população, os cuidados, apoios e ajudas necessitam de ser reforçados, especialmente no caso de as atividades quotidianas provocarem/agravarem os sintomas. (64)

Idade pediátrica

As crianças e adolescentes representam uma faixa etária particular no que toca à concussão. Inicialmente, era considerada como referência a idade limite de 10 anos para aplicar abordagens mais conservativas. Posteriormente, foi aumentado o limite para 13 anos e elaboradas recomendações específicas para a faixa entre os 5 e os 12 anos (Child SCAT e SCOAT). (7,65)

Dada a variabilidade física, emocional, comportamental e maturidade cognitiva, a literatura propõe 3 grupos etários: dos 5 aos 9, dos 9 aos 12 e maiores de 12 anos. Outra possibilidade, é considerar apenas 2 grupos: entre os 5 e os 12 anos e os 13 e os 18 anos. (65)

O diagnóstico e gestão de SRC requerem uma abordagem multidisciplinar. No entanto, as ferramentas utilizadas em crianças diferem das utilizadas em adultos, por exemplo, as escalas de sintomas e instrumentos de avaliação cognitiva. Apesar de não serem encontrados sinais e sintomas específicos para a idade, as manifestações podem ser distintas. Além disso, são utilizados valores de referência distintos nos testes de equilíbrio e vestibulo-oculomotores, bem como, questionários de saúde mental e do sono diferentes e validados para idade pediátrica. Na maioria das situações, os sintomas e a avaliação clínica são suficientes para o diagnóstico. (7,48,65,66)

Por sua vez, a avaliação pré-época (com testes cognitivos) na idade pediátrica perde significado devido às alterações e mudanças frequentes associadas aos desenvolvimento neurocognitivo. (7,48,65)

Referenciação

A gestão de uma concussão é complexa e requer uma abordagem clínica multimodal e multidisciplinar cooperativa. Consoante os achados obtidos na avaliação clínica pode ser considerado suporte adicional, definir estratégias de reabilitação direcionada e/ou referência a especialistas. Para além disso, inclui a prescrição de repouso físico e cognitivo relativo, exercício gradual, avaliações e tratamento psicológico, medicação, reabilitação vestibular e ocular ou uma combinação destas intervenções. (7,48,58,66)

Caso os sintomas apresentem duração superior a um mês deve ser considerada referenciação para especialista consoante os domínios que permanecem afetados para reabilitação dirigida aos sintomas persistentes. Isto tem impacto no tratamento e influência significativamente a recuperação do atleta. (7)

Capítulo 8 – Tratamento

O tratamento de SRC deve ser individualizado, baseado nos sinais e sintomas predominantes. Pode incluir exercício aeróbio subsintomático, fisioterapia cervical, reabilitação vestibulo-oculomotora, psicoterapia cognitivo-comportamental e terapias farmacológicas específicas para sintomas. (1,7)

Durante décadas o tratamento tradicional de concussão consistia em repouso absoluto até resolução sintomática. No entanto, estudos mais recentes demonstram que repouso restrito até resolução sintomática completa pode não só não ser benéfico, como até prejudicial, aumentando o risco de prolongar os sintomas e atrasar a recuperação. (1,7,35,38,66–68)

Atualmente, o tratamento agudo preconiza o repouso físico e cognitivo relativo nas primeiras 24 a 48 horas após a lesão. O cérebro permanece vulnerável e suscetível a novas lesões imediatamente após o impacto concussivo. Deste modo, o repouso permite minimizar a energia necessária para a recuperação fisiológica do metabolismo e promove a resolução de sintomas. É recomendada, associadamente, a redução do tempo de ecrã. A duração ótima do repouso é variável e permanece por esclarecer o tempo, duração, quantidade e progressão do exercício. (1,7,35,38,66,69) (67)

Adicionalmente, o início precoce de atividade física (AF) de intensidade leve demonstra benefícios e não atrasa a recuperação. Atividade de intensidade moderada conduz a melhores resultados quando comparada com atividade intensa ou a sua ausência. A progressão é baseada na tolerância do atleta (1,7,35,38,67)

Tratamento por domínios

Consoante os domínios de sintomas mais afetados na concussão podem ser dirigidos tratamentos alvo. Quando predominam sintomas somáticos a reabilitação engloba exercício aeróbio. Por sua vez, nos casos que prevalecem sintomas vestibulares, visuais e relacionados com equilíbrio o foco dirige-se para a reabilitação vestibular, visual e cervical. O domínio cognitivo envolve o regresso a atividades cognitivas e terapia cognitiva. Os sintomas psicológicos, como irritabilidade, tristeza e ansiedade devem ser abordados através de um modelo colaborativo. Este deve incluir uma rede de suporte apropriada, com eventual recurso a aconselhamento psicólogo ou terapia cognitivo-comportamental. Quando as intervenções psicológicas não são suficientes pode ser necessário tratamento farmacológico. (1,66,69)

Perante distúrbios do sono, todos os atletas devem ser alertados para os cuidados de higiene do sono e aconselhados sobre a sua monitorização. As medidas farmacológicas podem ser

consideradas ou não, sendo, geralmente, reservadas para casos refratários ou associados a outras condições. (1,68)

Nutrição

Outra das estratégias promissoras de tratamento é a utilização de suplementos nutricionais. Atualmente, não estão inseridos nas recomendações, no entanto, estudos em animais sugerem a utilização de suplementação de vitamina D e de ácidos-gordos ômega-3 como um possível potencial terapêutico e protetor de TCE. Os ácidos gordos ômega-3 são essenciais para estrutura e função cerebral. Constituem parte da membrana celular neuronal, contribuindo dessa forma para a estabilidade axonal e dendrítica, plasticidade neuronal e neuroinflamação. Suplementos ricos neste tipo de ácidos gordos promovem a síntese de fosfolípidos, aceleram a recuperação membranar após lesão e melhoram a função cerebral. (7,68–70)

Farmacoterapia

Quanto à farmacoterapia, por enquanto, não existe evidência sobre tratamento farmacológico dirigido para a concussão. Atualmente, está preconizado o tratamento farmacológico de suporte sintomático, sobretudo nos sintomas persistentes. Em caso de cefaleia/enxaqueca pós-traumática devem ser preferidos analgésicos como o paracetamol (ao invés de AINES). Nos casos de insônia poderá ser útil a administração de melatonina ou benzodiazepinas, durante um curto período (limite 7-10 dias). Perante alterações de humor, podem ser considerados SSRIS. E em caso de disfunção cognitiva, mais propriamente, déficit de atenção, existe evidência de que os neuroestimulantes (como metilfenidato e anfetaminas) podem ser uma ferramenta útil, embora ainda não se encontrem em fase de estudo. Porém, alguns grupos de especialistas sugerem evitar o uso de fármacos, quando possível. Estes podem mascarar sintomas e condicionar erroneamente o regresso à atividade desportiva. (38,66,68,69)

Reabilitação

Evidência atual sugere que a reabilitação multimodal dos vários domínios da concussão pode ser mais eficaz na melhoria dos sintomas durante a recuperação, em comparação com o repouso absoluto. Apesar de os protocolos focarem os sintomas físicos e as terapias de reabilitação serem dirigidas a sintomas persistentes, é aconselhada uma reabilitação holística que inclua atividades cognitivas, o envolvimento do suporte social, terapia com exercício aeróbio submáximo, avaliações vestibulares, oculomotoras e visuais e atividades de coordenação e equilíbrio. (35,38)

Reabilitação Ativa

Um dos pilares do tratamento é o exercício físico aeróbio subsintomático. Diversas revisões sistemáticas comprovam a eficácia deste em acelerar a recuperação e a reduzir incidência de

sintomas persistentes. O exercício físico melhora a regulação do fluxo sanguíneo cerebral e, conseqüentemente, a função do SNA. (7,35,66)

A prescrição de exercício aeróbio, após as 48 horas é feita consoante testes de exercício específicos e controlados. Os mais utilizados são o *Buffalo Concussion Treadmill/Bike Test* e estão incluídos nos protocolos de gestão, como SCOAT para avaliar o limite de exacerbação de sintomas. Utiliza a FC máxima individual tolerada, que não exacerbe mais do que sintomas leves ou durante mais de 1 hora. A exacerbação dos sintomas pode ocorrer durante AF, exercício aeróbio ou durante atividades cognitivas. Em caso de exacerbação de sintomas além do esperado, os testes ou a AF/exercício aeróbio devem ser cessados e, o retorno considerado somente após regresso dos sintomas ao nível anterior. (1,7,35,48,67,68)

A exposição a exercício gradual permite estabelecer o limite subsintomático e prescrever uma intensidade de 80-90% da FC limite. Os testes são considerados seguros e bem tolerados. São realizados com um periodicidade de poucos dias inicialmente, semanalmente no primeiro mês e depois a cada 2-4 semanas, de modo a determinar os novos limites de FC e o aumento progressivo de duração e intensidade de AF. (1,7,35,48,67,68)

Todos os pacientes são aconselhados a evitar AF/exercício com risco de contacto, colisões ou possivelmente quedas, até ser determinado seguro. Importa ressaltar que esta estratégia não deve substituir os protocolos de regresso ao desporto. (1,7,67)

Reabilitação cognitiva

A terapia ocupacional cognitiva inclui intervenções para melhorar ou recuperar a performance cognitiva através de atividades de aprendizagem estruturadas e controladas. Como tratamento consiste na estimulação cerebral cautelosa, permitindo reforçar redes neuronais e induzir plasticidade. Combina a utilização de estratégias compensatórias com exercícios práticos em testes cognitivos. Quando aplicada pode diminuir o grau e diminuir o risco de disfunção cognitiva após trauma. Também pode melhorar a função cognitiva, ao permitir aumentar a reserva cognitiva, e a performance desportiva, uma vez que, estimula a velocidade de processamento e as capacidades visuoespaciais. (1,35,66)

Reabilitação cervical e vestibulo-oculomotora

A reabilitação cervical e vestibulo-oculomotora é recomendada perante tonturas, dor cervical, alterações visuais e enxaquecas/cefaleias associados a sintomas vestibulares, com duração superior a 10 dias. Pode também ser benéfica em caso de alterações do equilíbrio acentuadas. Deve ser realizada por profissionais e direcionada aos défices específicos detetados na avaliação. (1,66,71)

O tratamento cervical consiste em técnicas de fisioterapia, exercícios de estabilização e reforço muscular, bem como, anti-inflamatórios conforme necessário. (69)

A reabilitação vestibulo-oculomotora consiste, por exemplo, na aplicação do VOMS e de exercícios de equilíbrio. O objetivo é realizar exercícios vestibulares tolerados pelo paciente, de modo a, restabelecer a integração dos sistemas visual e vestibular. Estas técnicas baseiam-se num modelo de exposição-recuperação e, portanto, podem inicialmente provocar um agravamento dos sintomas. Estes têm tendência a resolver com a continuação da terapia. Perante alterações visuais, como défice da perseguição do olhar e alteração do ponto de convergência, podem ser consideradas intervenções de reabilitação visual. Usualmente, são utilizadas técnicas de optometria que demonstram eficácia a melhorar o ponto de convergência e o reflexo de acomodação. (1,66,69)

A combinação da fisioterapia cervical e/ou vestibulo-oculomotora com intervenções no equilíbrio diminui a gravidade e duração do sintomas, facilita o processo de recuperação e acelera o regresso à prática desportiva. Em caso de persistência dos sintomas pode ser necessária avaliação e terapia mais especializada. (1,66,69,71)

Capítulo 9 – Retorno à competição

Tal como a definição de concussão, a definição de critérios de recuperação não é consensual. Esta varia consoante os estudos e depende da avaliação clínica. Devido à ausência de um biomarcador validado, é considerado estado recuperado perante a ausência de sintomas, em repouso e durante atividade física e cognitiva. (7,68) Estes, embora possuam uma trajetória pouco definida e imprevisível, geralmente, são limitados no tempo e resolvem espontaneamente entre 1 e 2 semanas em 80-90% dos atletas. (1,7,48,58)

Avaliação clínica de recuperação

O regresso à atividade prévia engloba fatores físicos, comportamentais, psicológicos e sociais. Consensualmente, a avaliação do regresso à atividade deve ser realizada por um médico com experiência em concussão, nomeadamente da área da medicina desportiva, neurologia ou neurocirurgia. A decisão de regresso à atividade foca sobretudo a resolução dos sintomas clínicos, apesar do seu grau de subjetividade. No caso particular dos atletas é importante considerar o retorno ao níveis de performance prévios à lesão. (7,36,38)

O regresso à atividade deve ser gradual e por etapas sequenciais, com aumento de intensidade progressiva. De facto, o regresso prematuro acarreta diversos riscos: aumenta a probabilidade de uma lesão subsequente e a suscetibilidade a uma nova concussão (ou TCE grave), retarda a recuperação e potencia sequelas a longo prazo. (1,7,38)

Retorno à competição

A maioria dos desportos desenhou *guidelines* próprias para a recuperação de concussão. Porém, o CISG elaborou uma estratégia geral - “Return To Sport” (RTS). A estratégia tem por objetivo completar o protocolo sem sintomas ou achados clínicos associados à concussão atual, durante o exercício físico máximo. Estes protocolos permitem uma abordagem sistemática e podem ser aplicados a qualquer atleta, quer em categorias amadoras quer profissionais. Incluem 6 etapas, que exigem um período mínimo de 24 horas assintomático para cada uma. (35) (1,7,38)

A partir da terceira etapa é considerado o regresso gradual à competição. O protocolo é guiado pela exacerbação de sintomas. Em caso de aparecimento ou agravamento de sintomas, nos passos 1 a 3, a AF deve ser interrompida. É retornada a etapa anterior, sendo necessário nova avaliação médica e considerado tratamento especializado. Após 24 horas assintomático o protocolo pode ser retomado. (1,7,66)

Por sua vez, as etapas 4 a 6 exigem avaliação e autorização por profissional de saúde. Os critérios devem ser considerados individualmente e são baseados na decisão médica, tolerância ao

exercício e exames clínicos. Estas etapas devem ser iniciadas após resolução completa dos sintomas, das alterações da função cognitiva e outros achados clínicos relacionados com a concussão atual, incluindo durante e após AF/exercício. De facto, é comum persistirem défices visuais, vestibulares e de equilíbrio subtis. Caso sejam detetados deve ser protelado o regresso à competição pelo risco de lesão musculoesquelética. (1,7)

Cumprindo o protocolo de regresso à competição proposto pelo CISG, são necessários, no mínimo, 6 dias e ausência de sintomas para o regresso à atividade sem restrições. No entanto, o tempo é determinado pelas características individuais. De facto, constata-se que a maioria dos atletas (80%) demora 21 dias a regressar, apesar da resolução sintomática ocorrer entre 2 e 11 dias. (1,7,38)

O regresso à competição é considerado benéfico, porém no que concerne a desportos de contacto ou colisão devem ser tomadas precauções e encorajadas atividades com o menor contacto possível. (7,65,66)

Tabela 8 – Protocolo de regresso à competição. AF Atividade Física; FC Frequência Cardíaca.

Etapas	Tipo de atividade	Indicações
1	Repouso ativo	Repouso relativo durante 24-48 horas. Atividades de vida diária limitadas por sintomas.
2	Exercício aeróbio leve a moderado	AF leve: caminhar, <i>cycling</i> estacionário. Aumento da FC (até 70%).
3	Exercício aeróbio individual, consoante desporto	Treino dirigido ao desporto específico.
4	Treino sem contacto	AF intensa, exercícios mais desafiantes com foco na coordenação e técnica.
5	Treino normal	Pode incluir treino habitual, com possível contacto.
6	Regresso ao desporto	Sem restrições

Regresso à escola

Uma particularidade das crianças e jovens em idade escolar é o regresso à escola (ou universidade). Apesar da recuperação física ser evidente, permanece, geralmente, alguma disfunção neurocognitiva. De facto, constata-se que as crianças são mais suscetíveis a défices cognitivos, o que implica dificuldades na aprendizagem. (7,65)

A maioria dos estudantes regressa rapidamente sem necessidade de adaptações académicas ou suporte adicional. A estratégia de RTL “Return To Learn” consiste no regresso a atividades de aprendizagem nos níveis prévios à lesão, sem necessidade de suporte académicos de novo, incluindo acomodações na escola ou ajustes de aprendizagem. (7,65)

Os protocolos de regresso ao desporto e à escola podem ser aplicados em paralelo. Idealmente, deve ser alcançado o estado cognitivo e neurológico basal antes de incorporar exercício na recuperação. Deste modo, recomenda-se que o protocolo de regresso à escola seja completado integralmente antes do regresso à atividade desportiva. (1,7,38,66)

No que concerne o regresso à escola, inicialmente pode ser necessário um período de abstenção escolar temporário. De seguida, o aumento da carga cognitiva é feito de forma gradual e limitado pelos sintomas. As escolas devem considerar políticas de concussão e oferecer acomodações académicas como, por exemplo: permitir maior tempo para entrega de trabalhos e de exames, considerar adiar avaliações ou realizá-las num ambiente mais apropriado (lugar calmo, sem distrações), fornecer apontamentos, reduzir o horário de atividade letiva ou permitir pausas/intervalos mais frequentes e limitar o tempo de ecrã. As adaptações devem ser individualizadas e adaptadas aos sintomas e défices neurológicos experienciados pelo aluno. (1,58,65,66)

Capítulo 10 – Prognóstico

A SRC tem impacto físico, psicológico e social. Na maioria dos casos, o prognóstico é favorável com a resolução completa do sintomas. Contudo, em 15-30% dos casos alguns sintomas podem persistir. Os mais frequentes são distúrbios do sono, problemas relacionados com saúde mental e disfunção cognitiva com alterações na memória e concentração. (1,10,14)

Assume-se recuperação prolongada após o período médio de resolução de sintomas, superior a 10 dias em adultos e 4 semanas em crianças e jovens. Os sintomas persistentes mais comuns são problemas de saúde mental, dificuldades de atenção e aprendizagem, problemas visuais, oculomotores, cervicais e vestibulares, alterações do equilíbrio, cefaleias/enxaquecas, distúrbios do sono, disautonomia (incluindo intolerância ortostática e taquicardia postural) e dor. O que realça a necessidade de uma equipa multidisciplinar, por exemplo, com a integração de um neurologista, otorrinolaringologista, psicólogo e fisioterapeuta. (7)

A recuperação prolongada relaciona-se com os sintomas persistentes de concussão, previamente conhecidos com Síndrome Pós-Concussão. Esta condição engloba fatores que podem aumentar a frequência e/ou prolongar duração dos sintomas. Pode ser bastante debilitante e engloba sintomas: físicos (cefaleias, enxaqueca, alterações de equilíbrio e vestibulo-oculomotoras, fadiga), cognitivos (alterações da memória e concentração), emocionais (depressão e ansiedade), relacionados com o sono (insónia ou excesso de sono). O diagnóstico não possui critérios específicos. Geralmente é clínico e considerado perante uma concussão associada a sintomas refratários que persistem além do período esperado, e que não são explicados por outras condições. Dada a inespecificidade dos sintomas, a distinção de outras condições clínicas pode ser complexa, pelo que, deve ser utilizada um abordagem biopsicossocial. (7,72)

Modificadores de prognóstico

A literatura científica, embora pouco clara, sugere a existência de modificadores de concussão. Estes podem influenciar a apresentação, bem como, predispor a maior risco de desenvolver recuperação prolongada. (7,37,48,66)

A idade é um dos preditores de recuperação mais estudados. Crianças e jovens apresentam sintomas durante um intervalo de tempo superior, com a duração aproximada de quatro semanas. Como tal, a recuperação nas crianças é mais prolongada, sendo que, em 30% dos casos ultrapassa este período. (48,65,66,73)

O sexo biológico também pode ter influência nas consequências a curto prazo. O sexo feminino demonstra uma evolução de recuperação similar, pelo que podem ser aplicadas as mesmas

estratégias de recuperação. No entanto, diversos estudos evidenciam maior tempo de resolução sintomática (em média mais 2,1 dias). (19,73)

Condições prévias

A presença de cefaleia e a história pessoal e familiar de enxaqueca constituem fatores de risco para sintomas prolongados. (72,73)

Estudos demonstram associação entre distúrbios de humor, nomeadamente, ansiedade e depressão, com o risco de sintomas persistentes. Doença psiquiátrica pré-existente, história familiar, eventos de vida stressantes significativos estão relacionados com o desenvolvimento de sintomas persistentes. Por sua vez, sintomas depressivos prévios à concussão estão associados a maior gravidade de sintomas pós-concussivos. Quando detetados precocemente permitem auxiliar na determinação do prognóstico. Importante distinguir se contribuem diretamente para exacerbar os sintomas de concussão ou se são manifestação de uma reação secundária. (22,74,75)

Por sua vez, no caso de alterações de neurodesenvolvimento como PHDA ou história prévia de concussão não existe risco superior de pior prognóstico. Contudo, é evidente maior incidência de concussão, bem como, de maior carga sintomática pelo que são variáveis importantes. (73)

Condições relacionadas com concussão

Atletas que atrasam a notificação de sintomas e continuam a jogar apresentam períodos de recuperação mais prolongados. A remoção precoce da prática desportiva e avaliação rápida por profissional de saúde influencia positivamente a apresentação de sintomas e o tempo de recuperação. (72) (7,76) Fatores de risco de sintomas persistentes inerentes à lesão incluem elevado nível sintomático inicial, perda de consciência, amnésia retrógrada ou pós-traumática. Pacientes com sintomas cervicais e vestibulares e visuais exibem maior tempo de recuperação de sintomas. Estes sintomas são prevalentes nas fases agudas e crónicas de concussão e, quando presentes, aumentam o risco de sintomas persistentes. A deteção e tratamento adequado melhora o prognóstico e diminui nível sintomático. (73) (77)

Fatores psicológicos individuais como motivação, estratégias de adaptação e expectativas/importância relativa tem influência na recuperação de concussão. A nível social, nomeadamente, suporte e dinâmica familiar e a rede de pessoas próximas também têm impacto significativo. (72)

Capítulo 11 – Sequelas

Efeitos a longo prazo

Recentemente, tem sido questionado o papel da concussão e a exposição a múltiplos impactos na cabeça no surgimento de sequelas cerebrais tardias, nomeadamente, problemas de saúde mental, disfunção cognitiva e doenças neurológicas/neurodegenerativas. (7,78)

Atletas aposentados apresentam disfunção cognitiva e patologia do foro psicológico. Revisões sistemáticas sobre distúrbios psicológicos sugerem que antigos atletas amadores não possuem risco aumentado de depressão e ideação suicida na vida adulta, nem risco de desenvolver doenças psiquiátricas. O mesmo se verifica quanto à disfunção cognitiva, doenças neurológicas (como demência) e doenças neurodegenerativas (como DA, Doença de Parkinson (DP) e Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA)). Porém, em atletas profissionais foram reportadas causas de morte associadas a doenças neurodegenerativas (ELA) e demência. (1,7,78)

Em determinados casos, alterações neuropatológicas subjacentes e subtis podem passar despercebidas e conduzir a disfunção cognitiva, comportamental e psicológica a longo prazo. Porém, a evidência sobre as causas e as consequências a longo prazo permanece envolta em controvérsia. (35,78)

Uma concussão única geralmente provoca reduzidas alterações neurológicas a longo prazo. No entanto, a exposição cumulativa a impactos repetidos parece potenciar alterações inflamatórias com potencial dano cerebral. O fator de risco mais descrito para desenvolvimento de sequelas é a presença cumulativa de ambas as condições: múltiplas concussões e impactos repetidos. (1)

A associação entre SRC e exposição a impactos na cabeça com efeitos a longo prazo dependem de múltiplos fatores genéticos, demográficos e ambientais. (A idade de início da prática desportiva, o nível de educação, o status socioeconómico, a presença de comorbilidades e o estilo de vida podem ter influência nas consequências observadas. (7,78)

Síndrome do segundo impacto

Para além disto, a concussão pode resultar em lesão cerebral grave e, possivelmente morte. A presença de um segundo impacto no período vulnerável de concussão pode ser ameaçadora de vida e conduzir ao Síndrome do Segundo Impacto. (1,79)

É uma condição rara, controversa e pouco compreendida. A definição é variável, no entanto, na maioria dos casos caracteriza-se pela presença de uma lesão cerebral catastrófica (ou seja, edema

cerebral agudo, difuso e severo) num indivíduo que sofre trauma cerebral, enquanto recupera dos efeitos de uma concussão recente. (1,79)

Pode resultar em incapacidade grave ou tornar-se fatal. A incidência, prevalência e mortalidade são desconhecidas. Alguns estudos sugerem que crianças e adolescentes podem ser mais propensas a experienciar concussões consecutivas antes da sua resolução completa. Pode ser prevenida com o correto diagnóstico de concussão e gestão adequada do envolvimento em atividade física. (1,79)

Encefalopatia Traumática Crónica

Numa perspetiva histórica a Encefalopatia Traumática Crónica (ETC) era referida como “*punch drunk*” ou demência do pugilista. Atualmente, é referida como uma entidade neurológica e tem sido descrita em atletas aposentados com história de concussão ou exposição repetida a impactos na cabeça. (1,7,80)

Os dados epidemiológicos demonstram que é uma condição pouco frequente na população, sendo mais comum em atletas profissionais com elevada exposição a impactos na cabeça, sobretudo de desportos de contacto/colisão. A incidência e prevalência real permanece desconhecida, sobretudo por ser uma condição multifatorial e influenciada pelo: tipo e local de impacto, duração da carreira desportiva, fatores genéticos, estilo de vida (com consumo de álcool, drogas ou esteroides anabólicos), saúde física, doenças psiquiátricas, entre outros. (1,7,80)

A fisiopatologia continua por esclarecer. Alguns estudos sugerem como fator causal a acumulação patológica de proteína tau imunorreativa, de forma agregada e com distribuição em regiões cerebrais específicas. De facto, alguns estudos de neuroimagem avançada demonstram alterações patológicas associadas a ETC. (1,80)

Atualmente, a ETC engloba dois componentes distintos: um componente fisiopatológico detetado postmortem e outro componente relacionado com a sintomatologia presente no intervalo entre a reforma e final de vida. (1,80)

Dispensa da prática desportiva

A dispensa da prática desportiva pode ser equacionada perante pacientes com alterações estruturais cerebrais identificadas em exames de neuroimagem, défices neurológicos focais persistentes, alterações no exame objetivo e efeitos cumulativos ou prolongados de concussão, suspeitos ou demonstrados como, por exemplo, tempos de recuperação progressivamente maiores e aumento da severidade de sintomas. Não está determinado um número limite de concussões ou impactos. Alguns desportos possuem regulamentos médicos próprios que contemplam critérios para cessar atividade desportiva. (1,7,81)

A tomada de decisão é complexa, multifatorial e individualizada. Deve ser confirmado o diagnóstico correto e assegurar uma avaliação adequada, de preferência através de uma equipa multidisciplinar. Engloba uma avaliação clínica completa, fatores psicossociais e socioculturais do paciente (como por exemplo preocupações, expectativas, habilitações, suporte familiar e social e apoio psicológico) e fatores relacionados com a lesão e com o desporto específico. Em crianças e adolescentes é recomendada uma abordagem mais conservativa. (1,7,81)

A principal dificuldade é gerir o equilíbrio entre os riscos de regressar à atividade e os benefícios em continuar a participação. A discussão com o paciente deve ser fomentada, consoante a tolerância e preparação psicológica, de modo a ser tomada uma decisão informada, incluída num modelo partilhado. O ideal é aconselhar o atleta previamente, planear as opções possíveis pretendidas e preparar uma rede de apoio a longo prazo. Devido às implicações médico-legais, em crianças e adolescentes devem ser envolvidos os pais ou cuidadores e, no desporto profissional envolvidas as entidades competentes. (1,7,81)

Todos os atletas devem ser encorajados a continuar a praticar AF devido aos seus benefícios comprovados na saúde, contudo de forma adequada à sua condição. (7,81)

Capítulo 12 – Prevenção

A eliminação completa do risco de SRC não é possível, porém a prevenção primária de concussão é a melhor estratégia para reduzir a sua incidência de lesão, o risco de lesão recorrente e o potencial de sintomas persistentes. A prevenção secundária, com o diagnóstico precoce, também permite diminuir a suscetibilidade de recorrência. A abordagem segura e eficaz com o reconhecimento precoce e tratamento apropriado também são relevantes para reduzir o risco de novas lesões e possibilitar o regresso ao desporto o mais precocemente possível. Ambos os níveis de prevenção são valorizáveis pelo seu impacto significativo na saúde pública. (7,82)

Recentemente, tem sido publicados inúmeros estudos que avaliam a eficácia das estratégias preventivas abordadas seguidamente. (82)

Modificações nas políticas e regras do jogo

Nos últimos anos, tem sido adotadas alterações nas políticas e regras do jogo. Por exemplo, adiar a introdução de placagem no hóquei no gelo reduziu a taxa de incidência de concussão durante os jogos, sem se verificarem consequências negativas não intencionais, como impacto deletério na *performance* desportiva. Outra medida implementada incluiu a restrição do número, duração e intensidade de contactos/colisões durante os treinos, no futebol americano. Verificou-se, de igual forma, uma redução da percentagem de concussão nestes atletas. Desta forma, a limitação de contacto e aconselhamento sobre técnicas de contacto são recomendadas. (7,82)

Medidas de equipamento de proteção individual

A utilização de proteção de dentição/"goteiras" permanece controversa. De facto, protegem contra lesões oro-faciais, mas o seu impacto na concussão permanece por determinar. Poucas SRC resultam de forças de impacto mandibular. Estudos em crianças e adolescentes no hóquei no gelo demonstraram uma redução de incidência de concussão, pelo que nestes casos é recomendada a sua utilização. (7,16,82,83)

Atualmente, a utilização de capacete não é recomendada com o intuito de prevenir SRC, uma vez que, a evidência existente é contraditória e limitada. Diversos estudos demonstram que os capacetes protegem contra trauma craniano e hemorragia intracraniana, embora aparentemente não previnam a concussão. A maioria é realizada em desportos de colisão nos EUA e os resultados recomendam a sua utilização nestes desportos. Contudo, a utilização de equipamento de proteção pode alterar o comportamento do atleta, adotando um estilo de jogo mais agressivo, associado a maior risco de lesão. (7,82,84)

Estratégias de treino

A implementação de programas de treino neuromuscular durante o aquecimento em campo demonstrou reduzir o número de concussões no Rugby Union em todas as faixas etárias. Porém, é necessária mais investigação para estabelecer a mesma associação no desporto feminino e noutras categorias desportivas. (7,60)

O treino visual e vestibular, dos tempos de reação e da musculatura cervical podem ser incorporados nas sessões de treino desportivo e na recuperação. A força e resistência muscular cervical promove a estabilização dinâmica da cabeça e pescoço. Por sua vez, o treino visual melhora o campo visual e capacidade de detetar objetos e antecipar impactos cranianos. Com base nestas premissas, a evidência sugere que o treino visual e reforço cervical melhoram a *performance* sensoriomotora e constituem estratégias promissoras de prevenção de concussão. (82,85)

Programas de educação

Fatores incluindo género, idade, raça/etnia, nível de escolaridade e história de concussão estão associados a diferentes graus de conhecimento e atitudes sobre SRC. A educação da população em geral, pais/cuidadores, treinadores e atletas tem impacto positivo no conhecimento de concussão, promove alterações de comportamento em conformidade e reduz o risco de concussão. (82)

Estes programas englobam os sinais e sintomas que permitem o reconhecimento e diagnóstico de SRC, a gestão, o tratamento e o regresso à atividade. Muitos encontram-se disponíveis online, embora quando transmitidos de forma presencial possam ser mais eficientes a diminuir incidência de concussão. Devem ser constantemente atualizados conforme a evidência científica. (86,87)

Discussão

A concussão relacionada com o desporto reflete um estado funcional patológico transitório. Devido à sua complexidade heterogénea a definição não é consensual e varia consoante a literatura. Perante as diferentes definições de concussão e a falta de um procedimento diagnóstico *standard*, o desafio futuro foca-se em alcançar uma definição clínica ou operacional que abranja áreas como a biomecânica (quantificando forças diretas ou indiretas), a fisiologia, a clínica (sinais e sintomas e a sua gravidade), a neuroimagem avançada (demonstrando alterações relacionadas com a fisiopatologia e a clínica), os biomarcadores sanguíneos e cerebrais e os fatores genéticos/epigenéticos. (7)

Apesar de ser uma área recente na investigação e da complexidade em agrupar os sintomas, a forma de categorização em subtipos demonstra relevância clínica, facilitando a transição de uma abordagem unitária para uma abordagem dirigida e individualizada. Assim, a diferenciação em subtipos ao ser aplicada na gestão clínica, nas estratégias de intervenção e no prognóstico poderá otimizar o processo de recuperação de uma concussão. (8)

O risco de concussão relacionada com o desporto é modulado por vários fatores, destacando-se, com maior evidência significativa, a história prévia de concussão, o tipo de desporto, a idade inferior a dezoito anos e o sexo feminino. (16,17)

De facto, desportos de colisão, de contacto, de combate ou com potencial de alto impacto apresentam taxas de incidência de SRC mais elevadas estando assim associadas a maior risco de concussão. (10,11) No entanto, constatou-se que desportos enquadrados na mesma categoria de risco apresentam medidas de proteção diferentes, como a obrigatoriedade do uso de capacete ou a proibição da técnica de placagem. Assim, compreender a influência dessas medidas no risco de concussão seria um parâmetro a analisar em investigações futuras. (17)

Por sua vez, a maioria dos estudos afirma que a história prévia de concussão é fator de risco para desenvolver uma nova concussão, uma vez que a ocorrência de uma primeira lesão torna o indivíduo mais suscetível a uma possível recorrência. (16)

A idade pediátrica manifesta maior predisposição à ocorrência e manutenção de concussões cerebrais. A estrutura cerebral muda com o tempo, por isso, são importantes estudos longitudinais para ver qual é a evolução fisiológica das alterações patológicas e diminuir efeitos confundidores. (51) O risco de concussão é cumulativo pelo que a idade de início dos desportos de contacto é outro fator a considerar. Crianças expostas mais precocemente estão sujeitas a maior risco de concussão e às suas consequências, o que pode ter impacto no seu desenvolvimento. (11)

Considerando uma visão holística da concussão, existem modificadores que influenciam a o risco de concussão. Destacam-se os relacionados com o desporto, como a categoria desportiva, posição do jogador e o mecanismo de lesão, os relacionados com o atleta nomeadamente, os antecedentes pessoais e familiares incluindo fatores psicológicos e genéticos (lesões prévias, enxaqueca, problemas de saúde mental e de aprendizagem) e os fatores ambientais.

Atualmente, a maioria dos polimorfismos genéticos não está significativamente associada a risco aumentado de SRC, exceto a variante genotípica do promotor *APOE G-219T TT*, sendo que, grande percentagem dos estudos de associação genética necessita de replicação e investigação mais rigorosa. Portanto, apesar de existirem testes genéticos já comercializados, é crucial aperfeiçoar a literatura sobre as variantes genéticas em diferentes indivíduos e a relação com a concussão cerebral. (16,23,24)

Por sua vez, o estudo mais aprofundado dos fatores ambientais possibilitaria aperfeiçoar o agendamento dos jogos em desportos ao ar livre sujeitos a condições variáveis e, conseqüentemente, melhorar as estratégias de prevenção de lesões. (18) A literatura sobre o tipo de superfície é heterogénea e limitada pela presença de alguns fatores como a variabilidade entre desportos específicos (associação menos clara ao avaliar os desportos individualmente), determinados grupos como as mulheres, a incidência do contacto da cabeça nas superfícies, as propriedades das mesmas e o *Head Injury Criterion (HIC)*, que consiste num modelo matemático que determina o risco de concussão quando a cabeça contacta com a superfície. Desta forma, a contribuição do tipo de superfície para a incidência de lesão cerebral carece de evidência significativa. (15,18)

Devido a todos estes fatores de risco e modificadores a correlação entre a incidência observada de concussão e a taxas reais permanece elusiva. (15)

Os mecanismos fisiopatológicos da concussão relacionada com o desporto englobam múltiplos processos neuropatológicos. (1,7) Inicialmente, o impacto direto ou indireto, as forças de aceleração ou desaceleração rápidas e as alterações intensas de pressão contribuem para o mecanismo de gerar concussão. (32) Evidência mais recente sugere que o número e tipo de impacto são tão importantes quanto a força para determinar TCE. (28)

Seguidamente, após ocorrer o impacto concussivo é ativada uma cascata neurometabólica. De forma sintética, envolve: alteração da condutividade da membrana associada a crise energética; alteração do metabolismo da glicose; neuroinflamação, alteração da função axonal e das proteínas e alterações no fluxo sanguíneo cerebral. (26) O fluxo sanguíneo cerebral e o metabolismo glicolítico alterados tornam o cérebro particularmente vulneráveis durante a recuperação. Qualquer desregulação da necessidade de energia adicional após concussão pode prejudicar a recuperação e fazer com que seja impossível as células recuperarem e conduzir a morte celular. (1,7,35,38,66,69) No que concerne à neuroinflamação, atualmente, permanece o debate entre o

papel protetor e porventura terapêutico (com criação de abordagens com alvos nas vias inibitórias e excitatórias) da microglia *versus* o papel de imunotoxicidade e dano neuronal. (25)

Apesar dos progressos na área, a fisiopatologia concreta e a relação entre os diferentes mecanismos envolvidos permanece por esclarecer. (1,7)

Os sinais e sintomas são o indicador mais sensível de uma concussão. No entanto, são pouco específicos e associados frequentemente a outras condições/doenças subjacentes. Consoante os seus domínios, a SRC apresenta-se de forma muito variável entre indivíduos. Como tal, o reforço da investigação nesta área é imprescindível para associar com mais rigor e certeza os sinais e sintomas a uma concussão. (1,29)

Apesar da dificuldade em aceder a certas áreas cerebrais, os sistemas complexos de concussão permitem sintetizar a informação atual presente na literatura. A abordagem multidimensional procura articular relações causais hipotéticas, tendo em vista a compreensão dos mecanismos fisiopatológicos complexos e heterogêneos e o seu contributo nas trajetórias de recuperação. A determinação dos domínios envolventes e as intervenções que exacerbam ou atenuam os sintomas permite aprimorar os métodos de diagnóstico e tratamento e, conseqüentemente, melhorar os resultados clínicos. Este modelo pode, ainda, ser aplicado na investigação científica pois permite reconhecer as áreas que necessitam de maior evidência literária. (33,34)

A abordagem de SRC deve incluir o reconhecimento, avaliação inicial, acompanhamento com reavaliações frequentes, tratamento e regresso gradual à atividade prévia. Os três passos essenciais são reconhecer, remover e referenciar. Devido às incongruências entre os sinais e sintomas o reconhecimento de concussão pode ser um desafio. No entanto, nas últimas duas décadas foram criados protocolos, como CRT6, que auxiliam técnicos, atletas e profissionais de saúde a reconhecer uma concussão. Com a sua implementação alcançaram-se resultados benéficos na prevenção de complicações. (6,7)

Perante a suspeita ou diagnóstico de concussão é imprescindível a remoção imediata do atleta da prática desportiva. Posto isto, é essencial excluir sinais de alarme que possam indicar condições graves e que necessitam de avaliação hospitalar precoce. A principal limitação reside no tempo para avaliação de uma possível concussão durante a prática desportiva. As regras atuais na maioria dos desportos não concede tempo suficiente para avaliação adequada de uma possível concussão. Tem sido feitos esforços para alterar estas regras, no sentido de conciliar a avaliação completa do atleta com suspeita de concussão sem prejudicar o jogo ou a competição. (1,7,35,36)

Atualmente, o foco da investigação permanece na procura de uma abordagem uniforme e cientificamente válida, uma vez que os algoritmos aplicados são baseados em consensos elaborados por grupos de especialistas e, em menor grau, por medicina baseada em evidência. (1,7,35,36,45)

O conhecimento científico acerca da fisiopatologia e da epidemiologia é vasto, porém, ainda existe pouca evidência sobre as melhores práticas para o diagnóstico e gestão de SRC. A comparação de resultados entre estudos e a obtenção de dados com qualidade é limitada pela aplicação de testes muito variados e a sua combinação de forma diferente entre diversos países, serviços médicos e instituições. Uma abordagem uniforme e validada permite diminuir a subjetividade do diagnóstico de concussão, no entanto, a sua ausência torna a identificação e gestão num desafio. (21,36,38)

O diagnóstico de concussão é clínico. Inicialmente era considerado critério obrigatório a perda de consciência e a presença de amnésia, no entanto, verificou-se que esses sinais estão presentes em menos de 10% das SRC, pelo que foram desconsiderados como critérios. Segundo a literatura mais recente, o diagnóstico de SRC é confirmado perante um mecanismo compatível e a presença de sinais e sintomas congruentes com concussão, sem outra causa possível. (1,35,38)

Atualmente, não existe nenhum biomarcador *gold standard* para diagnóstico ou seguimento de SRC. A ausência de uma definição consensual condiciona os testes diagnósticos utilizados e dificulta a procura de ferramentas definitivas e clínicas. As medidas clínicas são limitadas por múltiplos fatores internos e externos. (52)

Relativamente ao instrumento de avaliação SCAT, na presença de concussão deteta alterações na marcha e equilíbrio e menor acurácia cognitiva. No entanto, as tarefas cognitivas e a avaliação da memória necessitam de atualização frequentemente devido a efeitos de memorização e problemas de reprodutibilidade que influenciam o resultado do teste. (37,41,42,45,46)

O desenvolvimento dos próximos instrumentos SCAT devem, idealmente, ser apropriados à idade, linguagem e diferenças demográficas, sociais e culturais. As próximas gerações deste instrumento pretendem incluir as novas tecnologias, com uma versão online que possa ser acessível tablets e smartphones e aproximar a concussão da nova era digital. Contudo, requer modificações no instrumentos utilizados e no seu modo de aplicação, o que pode ter implicações na sua validade diagnóstica. Para além disso, estas alterações implicam mudanças no SCAT e CRT. (41)

Certas variáveis demográficas como mulheres, atletas com incapacidades ou deficiência, a diversidade cultural e geográfica e o tipo de desporto conferem dados empíricos que influenciam a SRC. Estes dados permitem desenvolver elementos comuns e comparar resultados na pesquisa e investigação de SRC. Uma vez que a pesquisa e validade é muito condicionada por estes modificadores. Testes de base e os dados demográficos são melhor ferramenta diagnóstica quando os recursos financeiros, pessoais e tempo permitem, sobretudo a nível profissional/elite. A pesquisa mais promissora, incide na procura de biomarcadores de diagnóstico, na combinação de testes mais objetivos e sensíveis e destaca populações como os jovens e adolescentes, o sexo feminino e atletas com incapacidades ou deficiências, sobretudo em categorias amadoras. (1,7,35,36,45)

Na literatura científica, a neuroimagem avançada, biomarcadores sanguíneos e as tecnologias emergentes são o futuro do diagnóstico de SRC. (47) Combinar biomarcadores como amostras serológicas, métodos de imagem estrutural e funcional avançados e biomecânica através de sensores cinéticos podem diagnosticar concussão de forma mais objetiva. (58)

A neuroimagem avançada demonstra maior sensibilidade para alterações microestruturais e funcionais mais subtis na concussão, tradicionalmente não observáveis nos exames de neuroimagem convencionais (TC e RMN). Uma abordagem multimodal das várias técnicas de imagem permite detetar pequenas alterações, que caso passem despercebidas podem colocar o atleta em risco. (35,38,49,50)

Para além disso, apresentam valor prognóstico com resultados promissores em diversos estudos sobre a associação a consequências a longo prazo. No entanto, a literatura científica apresenta inconsistências, sobretudo na variabilidade de protocolos adotados entre as diferentes instituições e, como tal, é necessária precaução na elação de conclusões. (35,38,49,50) A variabilidade interindividual, o tipo de desporto, sexo, idade, biomecânica (magnitude e número de impactos), tempo de imagem e história de lesão tem influência na neuroimagem e não existe ainda consenso sobre o melhor método para abordar. (48)

Além disso, ainda são desconhecidas correlações positivas com significado clínico, por isso, a sua aplicação na prática clínica carece de mais investigação sobre técnicas e métodos de neuroimagem mais sensíveis e específicos. Desta forma, embora sejam técnicas úteis no diagnóstico de concussão permanecem uma ferramenta de investigação. (35,38,49,50)

Apesar de serem uma medida objetiva, com potencial marcador do sintomas clínicos e úteis na avaliação multimodal da concussão, apresentam evidência limitada devido a baixa especificidade e ausência de métodos uniformizados. Deste modo, ainda não são utilizados na prática clínica. (35,45,53-55)

Na atualidade, existem diversos dispositivos médicos eletrónicos comercializados para avaliação e monitorização de SRC. (1,7,35,37,38) Tendo em conta que as acelerações detetadas pelos sistemas de sensores não refletem necessariamente o impacto no próprio cérebro, juntamente com a dificuldade em determinar a tolerância individual, o efeito de múltiplos impactos e a sua utilização restrita a desportos de contacto, não é possível estabelecer um valor diagnóstico de impacto concussivo com bases nestes dispositivos, apenas. (28,57) A utilização de sensores de impacto/acelerómetro bem como a análise de vídeo aparenta auxiliar o diagnóstico, porém, por enquanto, não possuem sensibilidade e especificidade suficientes de forma independente para detetar uma concussão. (1,7)

A concussão surge como um alvo em movimento que requer diferentes ferramentas em diferentes pontos durante a recuperação. Recentemente na avaliação de concussão para além da avaliação dos antecedentes pessoais, sintomas função cognitiva e avaliação da marcha e equilíbrio, inclui-

se a função vestibulo-oculomotora, exame objetivo e avaliação psicológica e do sono. Futuramente, seria relevante incluir uma nova componente de avaliação neuromuscular, sobretudo devido ao risco aumentado de lesão músculo-esquelética após SRC. A referência a especialistas deve ser equacionada sempre que seja necessário reabilitação dirigida perante sintomas prolongados. Existem fatores modificáveis que afetam a apresentação de concussão e a interpretação dos testes. Estes incluem idade, sexo biológico, nível de atividade física, condições psiquiátricas, dificuldades de aprendizagem e outras componentes da história médica que devem ser consideradas. Por sua vez, a avaliação pré-época pode também ser determinante na reavaliação. Assim, a gestão de uma SRC é complexa e requer uma abordagem multidisciplinar e multimodal. (7,48,58,66)

É evidente o conhecimento geral sobre concussão mas os métodos de reconhecimento e gestão são muito variáveis. Pelo que, é necessária evidência científica significativa para elaborar protocolos e recomendações consistentes. (7,48,58,66)

Idealmente, o tratamento é dirigido à fisiopatologia subjacente. Dada a heterogeneidade fisiopatológica da concussão, é relevante que a gestão da concussão averigue os défices/disfunções e sintomas específicos e, dessa forma, direcione as intervenções mais adequadas de tratamento ou reabilitação. A maioria dos casos de concussão pode ser tratada com alto nível de funcionalidade, no entanto, o tratamento deve ser sempre individualizado e dirigido aos défices específicos. (66)

O repouso reduz o risco imediato de ter uma concussão adicional e é essencial para iniciar o processo de resolução. A duração ótima do repouso é variável consoante a situação clínica e permanece por esclarecer o tempo, duração, quantidade e progressão ideal. (1,7,35,38,66,69) A investigação procura definir marcadores com potencial para auxiliar a monitorização e determinar a quantidade de repouso ideal. Por enquanto, a variabilidade das intervenções e do tempo de instituição dificultam a integração e interpretação de resultados de estudos limitando o desenvolvimento de recomendações. (7)

Para além disto, tem surgido estratégias nutricionais com potencial terapêutico e preventivo. A utilização de suplementos nutricionais como ácidos-gordos ómega-3 aparente ter um papel benéfico na recuperação da função cerebral. No entanto, para a sua aprovação clínica são necessários mais estudos. As implicações da dieta na prevenção de SRC são também alvo de investigação promissora. (7,68-70)

Relativamente à farmacoterapia, atualmente, apenas está preconizado o tratamento de suporte sintomático. Alguma evidência tem sugerido benefícios sobre a utilização de melatonina para distúrbios do sono e de neuroestimulantes perante disfunção cognitiva mais grave. No entanto, a sua introdução em protocolos permanece controversa e em fase de estudo. Importa ressaltar que alguns especialistas recomendam a evicção de fármacos devido ao possível efeito de mascarar sintomas. (38,66,68,69)

Por sua vez, o exercício aeróbico após SRC apresenta benefícios comprovados. Porém, é necessária mais investigação acerca do tempo ideal de instituição desta medida, da duração, o tipo de atividade e a combinação com AF. (1,35,38,66) Por sua vez, a terapia cognitiva apesar do potencial terapêutico, a sua aplicação na prática clínica carece de estudos científicos. (1,35,66)

O tratamento e a reabilitação exigem uma equipa multidisciplinar colaborativa. O foco da recuperação é o regresso às funções prévias diárias e académicas e ao desporto. A reabilitação deve ser dirigida aos défices/sintomas específicos de cada concussão. A combinação de intervenções é essencial para controlar o stress cognitivo e diminuir o tempo de recuperação. Os dois pilares são propiciar uma reabilitação ativa e acautelar o tratamento farmacológico. A literatura mais recente aborda a importância da saúde mental, reabilitação vestibulo-oculomotora e visual e estratégias para avaliar sintomas cognitivos persistentes. Porém, é necessária evidência acerca do efeito da combinação de estratégias de recuperação, da sua duração ideal e fatores modificadores. (1,7,66,88)

Devido à ausência de biomarcadores de concussão, atualmente, não existe nenhum modelo *gold standard* para avaliar a recuperação. Usualmente, os critérios de recuperação baseiam-se na resolução completa dos sintomas em repouso e durante atividade física e cognitiva. A recuperação completa é fundamental para diminuir o risco de lesões subsequentes ou consequências a longo prazo. (7,36,38)

Com o intuito de assegurar uma recuperação completa existem protocolos de regresso à escola e de regresso ao desporto, dirigidos a profissionais de saúde. Estas estratégias permanecem por otimizar dada a variabilidade interindividual, no entanto, permitem o regresso mais precoce e seguro. (1,7,38)

Idealmente, os protocolos de regresso à atividade desportiva deveriam ser apropriados a cada desporto, com a avaliação do risco inerente a cada um do regresso à prática desportiva. (35) Por sua vez, os protocolos de regresso à escola devem considerar acomodações individualizadas e adaptadas aos atletas estudantes. Estas medidas merecem ser alvo de atenção e foco de investigação tendo em conta as particularidades da idade pediátrica na concussão. (7,65) Relativamente à condução, apesar de não existir evidência clara nem protocolos em específico, o regresso à condução deve ser aconselhado e habilitado por um profissional de saúde. (1,66)

A maioria das concussões são benignas, nas quais os sintomas são transitórios e resolvem espontaneamente. No entanto, quando ultrapassam uma duração superior a 10 dias em adultos ou 4 semanas em crianças, tornam-se sintomas persistentes. A recuperação prolongada pode ser debilitante e gerar novas condições associadas. Apesar de não existir consenso sobre os fatores específicos associados a recuperação prolongada, sabe-se que o prognóstico pode ser influenciado por características individuais como idade e sexo biológico, nível e severidade dos sintomas e comorbilidades prévias ou que surgiram após a lesão. Para além disso, permanecem por

determinar a influência dos fatores socioculturais mais relevantes como, por exemplo, a raça e etnia. (7,37,48,66) (72)

Recentemente, verifica-se um aumento da preocupação social com as possíveis consequências a longo prazo de SRC. (7,78) De facto, diversos estudos associam a concussão e impactos repetidos a sequelas. A literatura tem identificado alterações na estrutura, fisiologia e bioquímica cerebral através de estudos de neuroimagem. (35,78) Importa referir que a evidência sobre este tema envolve algum grau de contradição. A maioria dos estudos que relaciona problemas de saúde mental a desportos de contacto não inclui a metodologia mais adequada. (1,7,78)

O mais relevante seria identificar e averiguar os fatores de risco para prognósticos adversos e risco de sequelas a longo prazo. Para isso, são necessários estudos prospetivos para estabelecer relação entre achados neuropatológicos e condições apresentadas in vivo. (7,78)

Relativamente à Síndrome do Segundo Impacto, é uma condição rara, pouco compreendida e controversa. De facto apresenta-se de forma grave e potencialmente fatal, porém é necessária maior evidência sobre a sua suscetibilidade e a relação com a concussão. (1,79)

Em relação a ETC, a literatura científica mais recente procura estabelecer uma associação significativa entre SRC e ETC. É uma condição com elevado destaque na comunidade científica e alvo de suposições, embora careça de evidência objetiva. Por enquanto, nenhum estudo demonstra associação entre alterações de ETC postmortem e manifestações da síndrome em vida. Pelo que é necessária investigação para determinar se o diagnóstico clínico pode ser associado ao fisiopatológico, e qual o impacto da concussão neste diagnóstico. (1,7,80)

Atualmente, não existem recomendações baseadas em evidência sobre os fatores que devem considerar a descontinuação da atividade desportiva de forma inequívoca. Cada situação deve ser analisada e ponderada detalhadamente e avaliada por uma equipa multidisciplinar. A decisão final engloba um modelo de decisão partilhada que considere os riscos e benefícios de regresso à atividade, bem como as preferências do atleta e os fatores internos e externos inerentes. (1,7,81)

As estratégias de prevenção são o fator com maior impacto na taxa de incidência de concussão e consequentemente, na saúde pública. A otimização de estratégias de prevenção inclui fatores de risco extrínsecos (mudança de políticas e regras de jogo), intrínsecos (história prévia), bem como fatores psicológicos e socioculturais. (7,82)

As modificações nas políticas e regras de jogo como proibição da técnica de placagem ou restrição do contacto/colisões durante os jogos/treinos, respetivamente, apresenta resultados promissores na redução de incidência de concussão, sem afetar a qualidade técnica do atleta. Estas medidas são fortemente recomendadas, embora sejam necessários estudos prospetivos que avaliem as modificações relevantes para cada desporto específico. (7,82)

O foco atual da prevenção consiste em desenvolver medidas com o intuito de melhorar o reconhecimento e diagnóstico de concussão, por exemplo, através da introdução da análise de vídeo ou a permissão de substituição de jogador ou aumento do tempo para avaliar eventos com potencial de concussão. (7,82)

As medidas de equipamento de proteção individual, como a utilização de proteção de dentição ou de capacete, permanecem controversas e, atualmente, não existe evidência significativa que favoreça a sua recomendação como forma de prevenir concussão. (7,82,84)

A implementação de programas de treino neuromuscular, visual e vestibular aparenta ser promissora tanto a nível de prevenção como tratamento. Contudo, são necessários mais estudos para estabelecer uma associação significativa entre estas estratégias e a redução de incidência de SRC. (82,85)

A implementação de leis e protocolos permitiu otimizar as estratégias de gestão de concussão e, conseqüentemente, diminuir as taxas de recorrência de concussão. Estas medidas englobam a remoção imediata do atleta perante suspeita ou diagnóstico de concussão, a exigência de avaliação por profissional de saúde para regresso à atividade desportiva, bem como, a instituição do modelo de decisão partilhada. Para além disso, a instituição de avaliações pré-época permite identificar os atletas em maior risco de desenvolver uma concussão. No entanto, a implementação de protocolos não dispensa obstáculos, sendo que a forma mais eficaz de os contornar é através da educação. (7)

A educação é um dos pilares fundamentais para alcançar uma prevenção eficaz. Idealmente deve envolver os atletas, treinadores, equipa médica, pais/cuidadores e a população em geral. Para além disso, deve incluir informação acerca do reconhecimento e gestão dos sintomas, a importância do descanso relativo e da AF precoce e os benefícios do regresso gradual e seguro ao desporto. Atualmente, existem diversos programas de educação instituídos que demonstraram resultados benéficos no conhecimento e nas atitudes sobre a concussão relacionada com o desporto.

Diversos estudos constataam diferenças entre o sexo feminino e masculino. As hipóteses que procuram justificar estas diferenças residem nas diferenças biológicas (físicas e fisiológicas), psicológicas e sociais entre homens e mulheres. (19,61)

Apesar do crescimento da participação feminina em atividades desportivas, considera-se uma população subrepresentada na literatura, não sendo abordada no consenso mais recente elaborado pelos CISG. De facto, não reconhecem o sexo biológico como fator modificador da concussão devido a falta de suporte significativo na pesquisa publicada, porém concluem que pode ser um fator de risco a considerar. Esta lacuna realça a necessidade de recomendações, abordagens diagnósticas e de tratamento e medidas preventivas específicas para esta população,

sobretudo pela evidência de maior suscetibilidade do sexo feminino a traumatismos cerebrais. (10,14,19,61)

A complexidade de alterações visuais, físicas ou intelectuais criam desafios na acessibilidade dos testes clínicos e, como tal, este grupo populacional, que permanece pouco compreendido, necessita de investigação mais adequada. O foco atual consiste em desenvolver estratégias de prevenção (regras específicas), deteção, diagnóstico e gestão adaptadas, com instrumentos apropriados. O desporto em atletas com incapacidade/deficiências demonstra menor nível organizativo, menor apoio médico disponível e insere-se num contexto mais específico, pelo que, são necessárias recomendações acerca de cuidados gerais que possam ser aplicadas em programas de educação. (7,63,64)

A SRC reflete efeitos diferentes entre adultos e crianças. Nesta faixa etária o cérebro ainda se encontra em desenvolvimento e, como tal, é mais vulnerável a efeitos deletérios. De facto, crianças e jovens apresentam mais número e gravidade de sintomas e a sua recuperação é mais prolongada. Para além disso, pode afetar o neurodesenvolvimento e originar sequelas a longo prazo. (7,48,65)

Para além disso, a adolescência é um período em que o desenvolvimento neurológico acelera, surgindo alterações mais rapidamente. De facto, os adolescentes apresentam maior número de sintomas e com maior gravidade, relativamente às restantes faixas etárias. Estudos demonstram, embora sem evidência significativa, que atletas do ensino secundário apresentam um período mais vulnerável para recuperação prolongada e são mais suscetíveis a fatores psicossociais. Não obstante, devido à maior exigência e impacto académico, os adolescentes apresentam maior dificuldade em regressar à escola e, por isso, necessitam de maior suporte académico. (65,66,73)

Assim, o desenvolvimento cerebral característico desta idade exige modificações no paradigma atual. Apesar de algumas ferramentas utilizadas para o diagnóstico e gestão de concussão considerarem os estadios do desenvolvimento infantil, o desenvolvimento de recomendações específicas para crianças e adolescentes/jovens representam uma prioridade na investigação científica. (7,65)

Conclusão

O concussão relacionada com o desporto é uma condição complexa, com implicações significativas na saúde dos atletas a curto e a longo prazo. O conhecimento sobre este tema tem evoluído de forma exponencial, sobretudo nas últimas décadas. No entanto, o debate para alcançar uma definição consensual permanece em aberto.

Através da análise da literatura recente, constata-se que existem diversas contradições no conhecimento atual que merecem investigação aprofundada. A variabilidade na apresentação dos sintomas e a subjetividade dos métodos de avaliação atuais dificultam a deteção e monitorização adequada de concussão. Consequentemente, destaca-se a necessidade de continuar a pesquisa para desenvolver protocolos de abordagem, diagnóstico e gestão uniformizados.

A crescente preocupação pública com o desenvolvimento de sequelas e consequências futuras alterou o foco da investigação com o intuito de compreender os efeitos a longo prazo da concussão. Porém, verifica-se um elevado número de estudos científicos sem evidência significativa, o que torna necessário desenvolver investigação com metodologias adequadas. Os estudos mais apropriados são os longitudinais, que acompanham os atletas ao longo do tempo, e devem considerar os fatores modificadores, de forma a, permitir comparação de resultados e colmatar as lacunas presentes.

Para além disso, tornou-se evidente a necessidade de desenvolver estratégias de prevenção eficazes, nomeadamente, alterações de políticas e regras de jogo. Os programas educacionais para atletas, treinadores e profissionais de saúde são fundamentais para aumentar a consciencialização e a promoção de medidas preventivas. Devem realçar aspetos chave, como a notificação de sinais e sintomas compatíveis com concussão, a abordagem precoce e o tratamento apropriado.

A concussão no desporto é um desafio na medicina desportiva e na saúde pública. Através de uma abordagem multidisciplinar e cooperativa é possível avançar no conhecimento e assegurar a saúde e bem-estar dos atletas com a gestão adequada deste tipo de lesão.

As perspetivas futuras incluem métodos de diagnóstico inovadores (biomarcadores serológicos, neuroimagem avançada, novas tecnologias digitais), intervenções terapêuticas e sobretudo estratégias que realçam a importância do (re)conhecimento.

Referências

1. Harmon KG, Clugston JR, Dec K, Hainline B, Herring S, Kane SF, et al. American Medical Society for Sports Medicine position statement on concussion in sport. *Br J Sports Med.* 2019 Feb 1;53(4):213–25.
2. Ferry Benjamin; DeCastro Alexei. *StatPearls.* 2023 [cited 2023 Nov 21]. Concussion. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537017/>
3. McCrory P, Feddermann-Demont N, Dvořák J, Cassidy JD, McIntosh A, Vos PE, et al. What is the definition of sports-related concussion: A systematic review. Vol. 51, *British Journal of Sports Medicine.* BMJ Publishing Group; 2017. p. 877–87.
4. McCrory P, Meeuwisse W, Aubry M, Cantu B, Dvořák J, Echemendia R, et al. Consensus statement on Concussion in Sport - The 4th International Conference on Concussion in Sport held in Zurich, November 2012. *Physical Therapy in Sport.* 2013 May;14(2).
5. Kenzie ES, Parks EL, Bigler ED, Wright DW, Lim MM, Chesnutt JC, et al. The dynamics of concussion: Mapping pathophysiology, persistence, and recovery with causal-loop diagramming. *Front Neurol.* 2018 Apr 4;9(APR).
6. Aubry M, Cantu R, Dvorak J, Graf-Baumann T, Johnston KM, Kelly J, et al. Summary and agreement statement of the 1st International Symposium on Concussion in Sport, Vienna 2001. *Clin J Sport Med [Internet].* 2002 [cited 2023 Nov 14];12(1):6–11. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11854582/>
7. Patricios JS, Schneider KJ, Dvorak J, Ahmed OH, Blauwet C, Cantu RC, et al. Consensus statement on concussion in sport: The 6th International Conference on Concussion in Sport-Amsterdam, October 2022. *Br J Sports Med.* 2023 Jun 1;57(11):695–711.
8. Langdon S, Königs M, Adang EAMC, Goedhart E, Oosterlaan J. Subtypes of Sport-Related Concussion: a Systematic Review and Meta-cluster Analysis. Vol. 50, *Sports Medicine.* Springer; 2020. p. 1829–42.
9. Mainwaring L, Ferdinand Pennock KM, Mylabathula S, Alavie BZ. Subconcussive head impacts in sport: A systematic review of the evidence. *International Journal of Psychophysiology.* 2018 Oct 1;132:39–54.
10. Walshe A, Daly E, Ryan L. Epidemiology of sport-related concussion rates in female contact/collision sport: a systematic review. Vol. 8, *BMJ Open Sport and Exercise Medicine.* BMJ Publishing Group; 2022.
11. Van Pelt KL, Puetz T, Swallow J, Lapointe AP, Broglio SP. Data-Driven Risk Classification of Concussion Rates: A Systematic Review and Meta-Analysis. Vol. 51, *Sports Medicine.* Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2021. p. 1227–44.
12. Pfister T, Pfister K, Hagel B, Ghali WA, Ronksley PE. The incidence of concussion in youth sports: A systematic review and meta-analysis. Vol. 50, *British Journal of Sports Medicine.* BMJ Publishing Group; 2016. p. 292–7.
13. Theadom A, Mahon S, Hume P, Starkey N, Barker-Collo S, Jones K, et al. Incidence of Sports-Related Traumatic Brain Injury of All Severities: A Systematic Review. *Neuroepidemiology [Internet].* 2020 Mar 1 [cited 2023 Dec 3];54(2):192–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31935738/>
14. Koerte IK, Schultz V, Sydnor VJ, Howell DR, Guenette JP, Dennis E, et al. Sex-Related Differences in the Effects of Sports-Related Concussion: A Review. *J Neuroimaging [Internet].* 2020 Jul 1 [cited 2023 Dec 3];30(4):387–409. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32533752/>
15. O’Leary F, Acampora N, Hand F, O’Donovan J. Association of artificial turf and concussion in competitive contact sports: A systematic review and meta-analysis. Vol. 6, *BMJ Open Sport and Exercise Medicine.* BMJ Publishing Group; 2020.
16. Abrahams S, McFie S, Patricios J, Posthumus M, September A V. Risk factors for sports concussion: An evidence-based systematic review. Vol. 48, *British Journal of Sports Medicine.* 2014. p. 91–7.

17. Prien A, Grafe A, Rössler R, Junge A, Verhagen E. Epidemiology of Head Injuries Focusing on Concussions in Team Contact Sports: A Systematic Review. *Sports Med* [Internet]. 2018 Apr 1 [cited 2023 Dec 3];48(4):953–69. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29349651/>
18. Abdo O, Martinez C, Forshey T, Myers H, Hendren S, Pietrosimone LS. Do climate and environmental characteristics influence concussion incidence in outdoor contact sports? A systematic review. *J Athl Train* [Internet]. 2023 Apr 28 [cited 2023 Dec 3]; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37115014/>
19. Musko PA, Demetriades AK. Are Sex Differences in Collegiate and High School Sports-Related Concussion Reflected in the Guidelines? A Scoping Review. *Brain Sci* [Internet]. 2023 Sep 1 [cited 2023 Dec 3];13(9). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37759911/>
20. Feletti F, Bonato M. The incidence of pediatric and adolescent concussion in action sports: A systematic review and meta-analysis. Vol. 17, *International Journal of Environmental Research and Public Health*. MDPI; 2020. p. 1–17.
21. Piedade SR, Hutchinson MR, Ferreira DM, Cristante AF, Maffulli N. The management of concussion in sport is not standardized. A systematic review. *J Safety Res*. 2021 Feb 1;76:262–8.
22. Trinh LN, Brown SM, Mulcahey MK. The Influence of Psychological Factors on the Incidence and Severity of Sports-Related Concussions: A Systematic Review. *American Journal of Sports Medicine*. 2020 May 1;48(6):1516–25.
23. Panenka WJ, Gardner AJ, Dretsch MN, Crynen GC, Crawford FC, Iverson GL. Systematic Review of Genetic Risk Factors for Sustaining a Mild Traumatic Brain Injury. Vol. 34, *Journal of Neurotrauma*. Mary Ann Liebert Inc.; 2017. p. 2093–9.
24. Mcgrew CA. Sports-related Concussion V Genetic Factors. 2018; Available from: <https://www.futuremedicine.com/doi/full/10.2217/cnc->
25. Steenerson K, Starling AJ. Pathophysiology of Sports-Related Concussion. *Neurol Clin* [Internet]. 2017 Aug 1 [cited 2023 Dec 3];35(3):403–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28673406/>
26. Banks RE, Domínguez DC. Sports-Related Concussion: Neurometabolic Aspects. *Semin Speech Lang* [Internet]. 2019 [cited 2023 Dec 3];40(5):333–43. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30763979/>
27. Morley WA, Seneff S. Diminished brain resilience syndrome: A modern day neurological pathology of increased susceptibility to mild brain trauma, concussion, and downstream neurodegeneration. *Surg Neurol Int*. 2014;5(Supplement).
28. Brennan JH, Mitra B, Synnot A, McKenzie J, Willmott C, McIntosh AS, et al. Accelerometers for the Assessment of Concussion in Male Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. Vol. 47, *Sports Medicine*. Springer International Publishing; 2017. p. 469–78.
29. Hallock H, Mantwill M, Vajkoczy P, Wolfarth B, Reinsberger C, Lampit A, et al. Sport-Related Concussion. *Neurol Clin Pract* [Internet]. 2023 Apr;13(2). Available from: <https://www.neurology.org/doi/10.1212/CPJ.0000000000200123>
30. Gardner AJ, Tan CO, Ainslie PN, Van Donkelaar P, Stanwell P, Levi CR, et al. Cerebrovascular reactivity assessed by transcranial Doppler ultrasound in sport-related concussion: a systematic review. Available from: <http://bjsm.bmj.com/>
31. Feddermann-Demont N, Echemendia RJ, Schneider KJ, Solomon GS, Hayden KA, Turner M, et al. What domains of clinical function should be assessed after sport-related concussion? A systematic review. Vol. 51, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2017. p. 903–18.
32. McKeithan L, Hibshman N, Yengo-Kahn AM, Solomon GS, Zuckerman SL. Sport-Related Concussion: Evaluation, Treatment, and Future Directions. Vol. 7, *Medical sciences (Basel, Switzerland)*. NLM (Medline); 2019.

33. Kenzie ES, Parks EL, Bigler ED, Lim MM, Chesnutt JC, Wakeland W. Concussion as a multi-scale complex system: An interdisciplinary synthesis of current knowledge. Vol. 8, *Frontiers in Neurology*. Frontiers Media S.A.; 2017.
34. Kenzie ES, Parks EL, Bigler ED, Wright DW, Lim MM, Chesnutt JC, et al. The dynamics of concussion: Mapping pathophysiology, persistence, and recovery with causal-loop diagramming. *Front Neurol*. 2018 Apr 4;9(APR).
35. Hallock H, Mantwill M, Vajkoczy P, Wolfarth B, Reinsberger C, Lampit A, et al. Sport-Related Concussion. *Neurol Clin Pract [Internet]*. 2023 Apr;13(2). Available from: <https://www.neurology.org/doi/10.1212/CPJ.0000000000200123>
36. Daly E, Pearce AJ, Finnegan E, Cooney C, McDonagh M, Scully G, et al. An assessment of current concussion identification and diagnosis methods in sports settings: a systematic review. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2022 Dec 1;14(1).
37. Putukian M, Schepart Z. Sideline assessment of concussion. In: *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier B.V.; 2018. p. 75–80.
38. McKeithan L, Hibshman N, Yengo-Kahn AM, Solomon GS, Zuckerman SL. Sport-Related Concussion: Evaluation, Treatment, and Future Directions. Vol. 7, *Medical sciences (Basel, Switzerland)*. NLM (Medline); 2019.
39. Echemendia RJ, Ahmed OH, Bailey CM, Bruce JM, Burma JS, Davis GA, et al. The Concussion Recognition Tool 6 (CRT6). Vol. 57, *British journal of sports medicine*. NLM (Medline); 2023. p. 692–4.
40. Echemendia RJ, Ahmed OH, Bailey CM, Bruce JM, Burma JS, Davis GA, et al. Introducing the Concussion Recognition Tool 6 (CRT6). Vol. 57, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2023. p. 689–91.
41. Echemendia RJ, Burma JS, Bruce JM, Davis GA, Giza CC, Guskiewicz KM, et al. Acute evaluation of sport-related concussion and implications for the Sport Concussion Assessment Tool (SCAT6) for adults, adolescents and children: A systematic review. *Br J Sports Med*. 2023 Jun 1;57(11):722–35.
42. Echemendia RJ, Brett BL, Broglio S, Davis GA, Giza CC, Guskiewicz KM, et al. Sport concussion assessment tool™ - 6 (SCAT6). Vol. 57, *British journal of sports medicine*. NLM (Medline); 2023. p. 622–31.
43. Echemendia RJ, Broglio SP, Davis GA, Guskiewicz KM, Hayden KA, Leddy JJ, et al. What tests and measures should be added to the SCAT3 and related tests to improve their reliability, sensitivity and/or specificity in sideline Concussion diagnosis? A systematic review. Vol. 51, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2017. p. 895–901.
44. Echemendia RJ, Meeuwisse W, McCrory P, Davis GA, Putukian M, Leddy J, et al. The Sport Concussion Assessment Tool 5th Edition (SCAT5): Background and rationale. *Br J Sports Med*. 2017 Jun 1;51(11):848–50.
45. Costello DM, Kaye AH, O'Brien TJ, Shultz SR. Sport related concussion – Potential for biomarkers to improve acute management. Vol. 56, *Journal of Clinical Neuroscience*. Churchill Livingstone; 2018. p. 1–6.
46. Dunne LAM, Cole MH, Cormack SJ, Howell DR, Johnston RD. Validity and Reliability of Methods to Assess Movement Deficiencies Following Concussion: A COSMIN Systematic Review. Vol. 9, *Sports Medicine - Open*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2023.
47. Quintana CP, McLeod TCV, Olson AD, Heebner NR, Hoch MC. Vestibular and Ocular/Oculomotor Assessment Strategies and Outcomes Following Sports-Related Concussion: A Scoping Review. Vol. 51, *Sports Medicine*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2021. p. 737–57.
48. Patricios JS, Schneider GM, Van Ierssel J, Purcell LK, Davis GA, Echemendia RJ, et al. Beyond acute concussion assessment to office management: A systematic review informing the development of a Sport Concussion Office Assessment Tool (SCOAT6) for

- adults and children. Vol. 57, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2023. p. 737–48.
49. Narayana S, Charles C, Collins K, Tsao JW, Stanfill AG, Baughman B. Neuroimaging and neuropsychological studies in sports-related concussions in adolescents: Current state and future directions. Vol. 10, *Frontiers in Neurology*. Frontiers Media S.A.; 2019.
 50. Chamard E, Lichtenstein JD. A systematic review of neuroimaging findings in children and adolescents with sports-related concussion. Vol. 32, *Brain Injury*. Taylor and Francis Ltd; 2018. p. 816–31.
 51. Tayebi M, Holdsworth SJ, Champagne AA, Cook DJ, Nielsen P, Lee TR, et al. The role of diffusion tensor imaging in characterizing injury patterns on athletes with concussion and subconcussive injury: a systematic review. Vol. 35, *Brain Injury*. Taylor and Francis Ltd.; 2021. p. 621–44.
 52. Corbin-Berrigan LA, Teel E, Vinet SA, P. De Koninck B, Guay S, Beaulieu C, et al. The Use of Electroencephalography as an Informative Tool in Assisting Early Clinical Management after Sport-Related Concussion: a Systematic Review. Vol. 33, *Neuropsychology Review*. Springer; 2023. p. 144–59.
 53. Meyer J, Bartolomei C, Sauer A, Sajatovic M, Bailey CM. The relationship between fluid biomarkers and clinical outcomes in sports-related concussions: a systematic review. Vol. 34, *Brain Injury*. Taylor and Francis Ltd.; 2020. p. 1435–45.
 54. Das AK, Agrawal M, Babal R, Purohit DK. Biological Significance of Serum Biomarkers in SportsRelated Concussion Injury-A Systematic Review. Vol. 32, *Turkish Neurosurgery*. Turkish Neurosurgical Society; 2022. p. 709–19.
 55. Anto-Ocrah M, Jones CMC, Diacovo D, Bazarian JJ. Blood-Based Biomarkers for the Identification of Sports-Related Concussion. Vol. 35, *Neurologic Clinics*. W.B. Saunders; 2017. p. 473–85.
 56. Zetterberg H, Smith DH, Blennow K, Zetterberg (H, Blennow K. Biomarkers of mild traumatic brain injury in cerebrospinal fluid and blood. *Nat Rev Neurol*. 2013 Apr;
 57. McCrory P, Meeuwisse W, Dvořák J, Aubry M, Bailes J, Broglio S, et al. Consensus statement on concussion in sport—the 5th international conference on concussion in sport held in Berlin, October 2016. *Br J Sports Med*. 2017 Jun 1;51(11):838–47.
 58. Knollman-Porter K, Constantinidou F, Beardslee J, Dailey S. Multidisciplinary Management of Collegiate Sports-Related Concussions. *Semin Speech Lang*. 2019;40(1):3–12.
 59. Morse AM, Kothare S V. Sleep disorders and concussion. In: *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier B.V.; 2018. p. 127–34.
 60. McPherson AL, Nagai T, Webster KE, Hewett TE. Musculoskeletal Injury Risk After Sport-Related Concussion: A Systematic Review and Meta-analysis. Vol. 47, *American Journal of Sports Medicine*. SAGE Publications Inc.; 2019. p. 1754–62.
 61. McGroarty NK, Brown SM, Mulcahey MK. Sport-Related Concussion in Female Athletes: A Systematic Review. Vol. 8, *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. SAGE Publications Ltd; 2020.
 62. Solomito MJ, Reuman H, Wang DH. Sex differences in concussion: a review of brain anatomy, function, and biomechanical response to impact. Vol. 33, *Brain Injury*. Taylor and Francis Ltd; 2019. p. 105–10.
 63. Webborn N, Blauwet CA, Derman W, Idrisova G, Lexell J, Stomphorst J, et al. Heads up on concussion in para sport. Vol. 52, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2018. p. 1157–8.
 64. Weiler R, Blauwet C, Clarke D, Dalton K, Derman W, Fagher K, et al. Concussion in para sport: The first position statement of the Concussion in Para Sport (CIPS) Group. *Br J Sports Med*. 2021 Nov 1;55(21):1187–95.
 65. Davis GA, Anderson V, Babl FE, Gioia GA, Giza CC, Meehan W, et al. What is the difference in concussion management in children as compared with adults? A systematic review. Vol. 51, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2017. p. 949–57.

66. Podolak OE, Arbogast KB, Master CL, Sleet D, Grady MF. Pediatric Sports-Related Concussion: An Approach to Care. Vol. 16, *American Journal of Lifestyle Medicine*. SAGE Publications Inc.; 2022. p. 469–84.
67. Leddy JJ, Burma JS, Toomey CM, Hayden A, Davis GA, Babl FE, et al. Rest and exercise early after sport-related concussion: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2023 Jun 1;57(12):762–70.
68. Gupta A, Summerville G, Senter C. Treatment of Acute Sports-Related Concussion. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. Humana Press Inc.; 2019.
69. Wilber CG, Leddy JJ, Bezherano I, Bromley L, Edwards AE, Willer BS, et al. Rehabilitation of Concussion and Persistent Postconcussive Symptoms. *Semin Neurol*. 2021 Apr 1;41(2):124–31.
70. Walrand S, Gaulmin R, Aubin R, Sapin V, Coste A, Abbot M. Nutritional factors in sport-related concussion. Vol. 67, *Neurochirurgie*. Elsevier Masson s.r.l.; 2021. p. 255–8.
71. Babula G, Warunek E, Cure K, Nikolski G, Fritz H, Barker S. Vestibular Rehabilitation as an Early Intervention in Athletes Who are Post-concussion: A Systematic Review. Vol. 18, *International Journal of Sports Physical Therapy*. North American Sports Medicine Institute; 2023. p. 577–86.
72. Conder A, Conder R, Friesen C. Neurorehabilitation of Persistent Sport-Related Post-Concussion Syndrome. *NeuroRehabilitation*. 2020;46(2):167–80.
73. Iverson GL, Gardner AJ, Terry DP, Ponsford JL, Sills AK, Broshek DK, et al. Predictors of clinical recovery from concussion: A systematic review. Vol. 51, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2017. p. 941–8.
74. van Ierssel J, Pennock KF, Sampson M, Zemek R, Caron JG. Which psychosocial factors are associated with return to sport following concussion? A systematic review. Vol. 11, *Journal of Sport and Health Science*. Elsevier B.V.; 2022. p. 438–49.
75. Barela M, Wong A, Chamberlain R. Concussion and Psychological Effects: A Review of Recent Literature [Internet]. 2023 [cited 2024 Jun 11]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36606633/>
76. Barnhart M, Bay RC, Valovich McLeod TC. The Influence of Timing of Reporting and Clinic Presentation on Concussion Recovery Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. Vol. 51, *Sports Medicine*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2021. p. 1491–508.
77. Cheever K, McDevitt J, Phillips J, Kawata K. The Role of Cervical Symptoms in Post-concussion Management: A Systematic Review. Vol. 51, *Sports Medicine*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2021. p. 1875–91.
78. Iverson GL, Castellani RJ, Cassidy JD, Schneider GM, Schneider KJ, Echemendia RJ, et al. Examining later-in-life health risks associated with sport-related concussion and repetitive head impacts: A systematic review of case-control and cohort studies. Vol. 57, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2023. p. 810–21.
79. Stovitz SD, Weseman JD, Matthew ;, Hooks C, Robert ;, Schmidt J, et al. What Definition Is Used to Describe Second Impact Syndrome in Sports? A Systematic and Critical Review [Internet]. 2016 [cited 2024 Jun 11]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28067742/>
80. Gaetz M. The multi-factorial origins of Chronic Traumatic Encephalopathy (CTE) symptomology in post-career athletes: The athlete post-career adjustment (AP-CA) model. *Med Hypotheses*. 2017 May 1;102:130–43.
81. Ellis MJ, McDonald PJ, Cordingley D, Mansouri B, Essig M, Ritchie L. Retirement-from-sport considerations following pediatric sports-related concussion: Case illustrations and institutional approach. *Neurosurg Focus*. 2016 Apr 1;40(4).
82. Emery CA, Black AM, Kolstad A, Martinez G, Nettel-Aguirre A, Engebretsen L, et al. What strategies can be used to effectively reduce the risk of concussion in sport? A systematic review. Vol. 51, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2017. p. 978–84.

83. Knapik JJ, Hoedebecke BL, Rogers GG, Sharp MA, Marshall SW. Effectiveness of Mouthguards for the Prevention of Orofacial Injuries and Concussions in Sports: Systematic Review and Meta-Analysis. Vol. 49, *Sports Medicine*. Springer International Publishing; 2019. p. 1217–32.
84. Makovec Knight J, Nguyen JVK, Mitra B, Willmott C. Soft-shell headgear, concussion and injury prevention in youth team collision sports: A systematic review. Vol. 11, *BMJ Open*. BMJ Publishing Group; 2021.
85. Kung SM, Suksreephaisan TK, Perry BG, Palmer BR, Page RA. The Effects of Anticipation and Visual and Sensory Performance on Concussion Risk in Sport: A Review. Vol. 6, *Sports Medicine - Open*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2020.
86. Feiss R, Lutz M, Reiche E, Moody J, Pangelinan M. A systematic review of the effectiveness of concussion education programs for coaches and parents of youth athletes. Vol. 17, *International Journal of Environmental Research and Public Health*. MDPI AG; 2020.
87. Conaghan C, Daly E, Pearce AJ, King DA, Ryan L. A systematic review of the effects of educational interventions on knowledge and attitudes towards concussion for people involved in sport—Optimising concussion education based on current literature. *J Sports Sci*. 2021;39(5):552–67.
88. Art K, Ridenour C, Durbin S, Bauer M, Hassen-Miller A. The Effectiveness of Physical Therapy Interventions for Athletes Post-Concussion: A Systematic Review. Vol. 18, *International Journal of Sports Physical Therapy*. North American Sports Medicine Institute; 2023. p. 26–38.